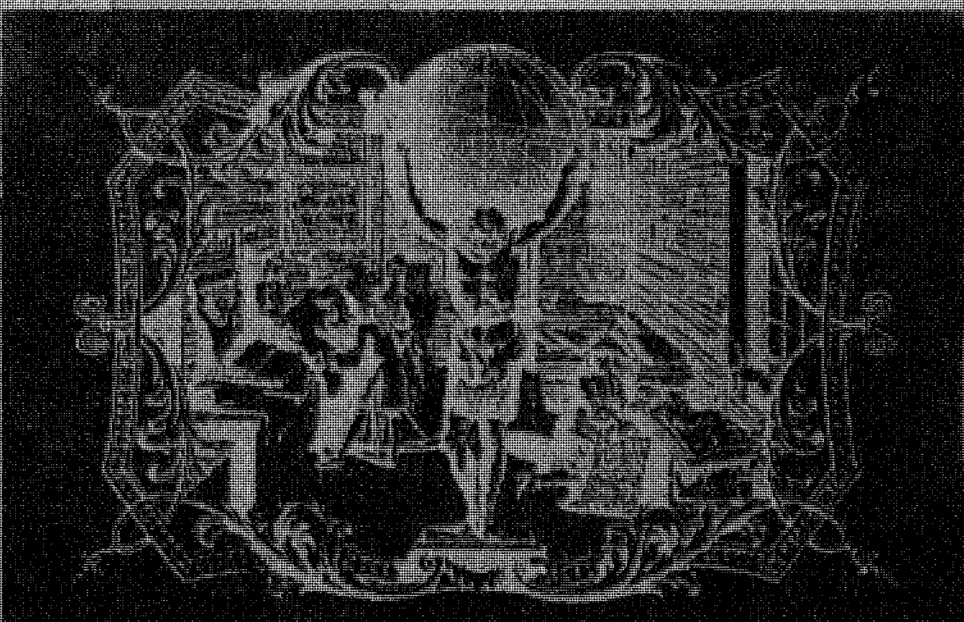
الجغرافية العملية ومبادئ الخرائط

الدكتور
فتحي عبد العزيز أبو راضي





دار النهضة العربية
للطباعة والنشر

الجغرافية العملية ومبادئ الخرائط

الجغرافية العملية ومبادئ الخرائط

الدكتور

فتحي عبد العزيز أبو راضي

أستاذ الجغرافيا الطبيعية والخرائط

في جامعتي الإسكندرية وبيروت العربية

دار النهضة العربية

للطباعة والنشر

بيروت . ص.ب ١١٠٧٤٩

الطبعة الاولى 1998 م .

الناشر

دار النهضة العربية

للطباعة والنشر

الادارة : بيروت - شارع مدحت باشا - بناية كريدية
تلفون : 743166- 743167 - 736093
برقيا : دانهضة - ص.ب 749-11
فاكس : 735295 - 1 - 00961

المكتبة : شارع البستاني - بناية اسكندراني رقم 3
غربي جامعة بيروت العربية
تلفون : 316202 - 818703

المستودع : بئر حسن - خلف تلفزيون المشرق - سابقا
بناية كريدية - تلفون : 833180

إهـــــداء

إلى نبع الحنان والتفاني . . .

إلى أمي . . . عرفانا بفضلها

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ ﴾ .

صدق الله العظيم

مقـــدمــة

يتناول هذا الكتاب موضوع كل من الجغرافيا العملية ومبادىء علم الخرائط في إطار محدد وشامل ومبسط في آن واحد. ولا يخفى علينا ـ كجغرافيين ـ أهمية دراسة موضوع الجغرافية العملية الذي أصبح يحتل مكان الصدارة في دراسة البيئة الطبيعية على مستوى كوكب الأرض، بالإضافة إلى تزايد الاهتمام بموضوع الخرائط مع تزايد الحاجة إلى التخطيط في معظم المجالات إن لم يكن في مجموعها. ومن هذا المنطلق فإن الكتاب يحاول أن يقدم عرضاً كاملاً لهذين الموضوعين في تبويب جديد، وهو لا يعتبر المحاولة الأولى التي تخرج إلى المكتبة العربية. فقد سبقته محاولات تسير على نفس المنهاج لإثراء هذا اللون من المعرفة. وقد روعي في تحضير المادة العلمية لهذا الكتاب تبسيط الموضوع ما أمكن والتركيز على المبادىء العامة دون الدخول في تفاصيل معقدة. ذلك أن الهدف من هذا الكتاب هو مساعدة طلاب الجغرافيا في المرحلة الأولية من دراستهم الجامعية على تفهم الحقائق الجغرافية عن الكوكب الذي نعيش على سطحه، والتعرف على الطرق المعتمدة في نقل معلومات ومعالم سطح هذا الكوكب إلى الخرائط.

وينقسم الكتاب إلى بابين تتضمن ثلاثة عشر فصلاً، يختص الباب الأول منها بالجغرافية العملية التي تهتم بخصائص الكرة الأرضية من حيث الشكل والخصائص الهندسية، وطبيعة حركة الأرض حول محورها وحركتها في مدارها

حول الشمس. بالإضافة إلى الشبكة الفلكية على سطح الأرض من دوائر العرض وخطوط الطول، وتفهم الطرق المعتمدة في معرفة الاتجاهات والتباعد وتحديد المواقع على سطح الأرض. ويختص الباب الثاني بدراسة التطور التاريخي للخرائط وأساسيات الخرائط واستخداماتها وقراءتها لاستخلاص النتائج منها واستقاء الناقص المجهول من بعض العلاقات الكارتوجرافية منها والعمل على تلخيص المغزى العلمي للخريطة مما يؤهل الجغرافي المبتدىء في دراسة علم الخرائط لاعادة رسمها وإخراجها الفني من جديد في إطار جغرافي سليم. لهذا فقد ركزنا الدراسة في هذا الباب على إبراز التطور التاريخي للخرائط، وأهم مستلزمات رسم الخرائط وأساسيات الخريطة بالإضافة إلى عرض طرق رسم الخرائط وبيان أنواع مساقط الخرائط وخصائصها واستعمالاتها دون التطرّق إلى القواعد والأسس الرياضية لرسمها. كما تناولنا طرق نسخ ونقل الخرائط وطرق طبع الخرائط، وهو موضوع لم يحظ باهتمام كبير من قبل، إلى جانب عرض المجالات النفعية والتطبيقية للخرائط من حيث التعرف على طرق قياس المسافات والمساحات إلى توجيه وترتيب الخرائط ثم أخيراً تصنيف الخرائط.

وقد اعتمدت على كثير من المراجع العربية والأجنبية حين شرعت في تأليف هذا الكتاب، كما اعتمدت في كتابة مادة الكتاب على تجربتي الشخصية والتي استطعت من خلالها أن أضيف شيئاً في هذا الموضوع، وخاصة بعد أن أصبحت ممن يسهمون في تدريس علم الخرائط بأقسام الجغرافيا في الجامعات المصرية والعربية منذ سنة ١٩٨٠ ـ كما قمت برسم جميع أشكال هذا الكتاب والتي قصدت بها أن تكون نماذج توضيحية حتى يسهل على القارىء فهم ما جاء في متن فصول الكتاب بسهولة ويسر.

وأنني إذا أقدم هذا الجهد المتواضع الذي أضيفه إلى ما كتب بالعربية في علم الخرائط لا بد لي أن أذكر أن هذا الكتاب لا يبز أمثاله في هذا المضمار ولا يزاحم أقرانه ليحل محلهم، وإنما يضيف إليهم أفكاراً جديدة ومتطورة، كما لا أدعي أنه يخلو من نقائص، فليس في وسع أي باحث مهما كانت مقدرته العلمية

أن يصل بدراسته إلى درجة الكمال ـ فهو لله وحده ـ ولكنها محاولة للإسهام في إثراء هذا اللون من المعرفة.

ولا يسعني في ختام هذه المقدمة إلا أن أوجه الشكر لكل أساتذتي في الجامعات المصرية والبريطانية الذين يرجع إليهم الفضل في تكويني الجغرافي سواء الذين تتلمذت على أيديهم أم أولئك الذين تعلمت مما كتبوه من دراسات جغرافية مختلفة. كما أوجه الشكر إلى السيد/ حسان كريدية صاحب دار النهضة العربية ببيروت، والحاج/ صابر عبد الكريم صاحب ومدير دار المعرفة الجامعية بالاسكندرية على تفضلهما بنشر هذا الكتاب، واسأل الله تعالى أن يكون لظهوره ثمرته بين زملائي وتلاميذي من الجغرافيين والكارتوجرافيين، وأرجو لهم به النفع. كما أرجو أن يكون هذا الكتاب فاتحة لسلسلة من المؤلفات التي أسأل الله تعالى أن يساعدني على إنجازها خدمة للعلم وإثراء للمعرفة.

والله من رواء القصد.. وهو ولي التوفيق..

دكتور/ فتحي عبد العزيز أبو راضي
بيروت ـ لبنان
اكتوبر ١٩٩٧

الباب الأول
خصائص الكرة الأرضية

الفصل الأول : الحقائق الجغرافية عن الكرة الأرضية.

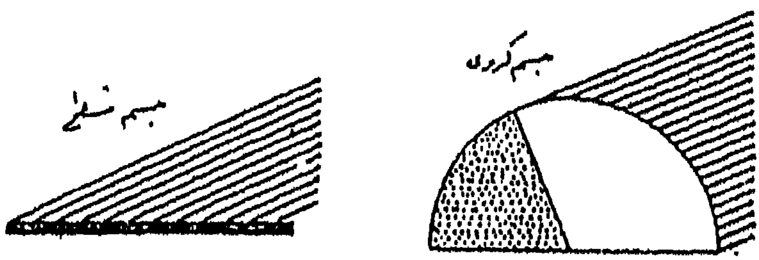
الفصل الثاني : خطوط الطول ودوائر [درجات] العرض.

الفصل الثالث : الاتجاهات والمسافات وتحديد المواقع على سطح الأرض.

الفصل الأول

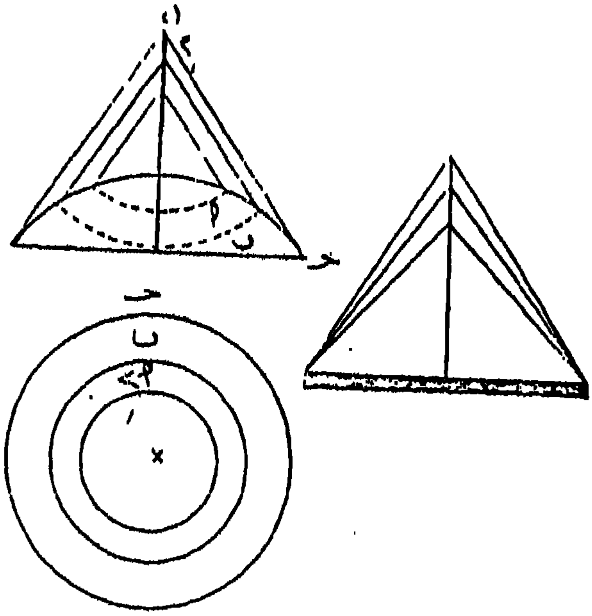
الحقائق الجغرافية عن الكرة الأرضية

في وقت من الأوقات كان يظن أن الأرض مسطحة «قرص مستدير»، ولكن في العصر الحاضر حيث أتسع نطاق غزو الفضاء وبدأت الأقمار الاصطناعية وسفن الفضاء على اختلاف أنواعها وجنسيتها تشق الفضاء في مدارات مختلفة حول الأرض وجيرانها من الكواكب لاستكشاف غوامض الكون، فإن الشكل الكروي للأرض أو ما يعرف باسم الجيوئيد Gooid قد أمسى حقيقة غير مشكوك فيها. وحتى قبل غزو الفضاء كانت هناك مجموعة من الشواهد البسيطة تؤيد كروية الأرض، من بينها أنه لو كانت الأرض مسطحة لسقطت أشعة الشمس على جميع أركانها في وقت واحد. ولكن كما نعلم أنه أثناء دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق تستقبل الأجزاء الشرقية منها أشعة الشمس قبل الجهات الغربية. وهذا ثابت فعلاً لما ينتج عنه من ظاهرة الليل والنهار (شكل رقم١ ـ ١) وأيضاً يمكن، وبدون استخدام أية أجهزة بصرية



(شكل رقم: ١ ـ ١) سقوط أشعة الشمس على الجسم الكروي والمسطح.

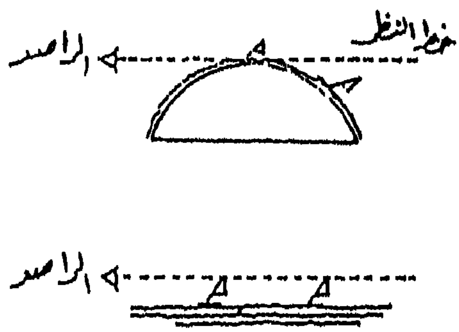
ملاحظة أن الأفق الأرضي يتقوس (ينحني) إلى أسفل في البعد، فعند النظر إلى سطح الأرض من بعد، من سفينة أو طائرة أو حتى الوقوف على جرف مرتفع، فإننا نشاهد أن الأفق الأرضي يتسع كلما ارتفعنا إلى أعلى أي أن يبدو على شكل دائرة. وعلى العكس لو كانت الأرض مسطحة فإن فكرة دائرية أو تقوس الأفق الأرضي ستتلاشى مهما بلغنا من ارتفاع عن سطح الأرض (شكل رقم ١ ـ ٢) وتعتبر رحلة ماجلان (١٥١٩ ـ ١٥٢٢) حول الكرة الأرضية من بين الأدلة والبراهين التي أثبتت كروية الأرض قبل عصر غزو الفضاء حديثاً. ولكنها لم توضح ذلك توضحاً تاماً كما يبدو من خط سير الرحلة إذ أن الرحلة في أول الأمر كان يظن أنها قد أثبتت أن الأرض كروية، ولكنها على العكس من ذلك أكدت أن الأرض تتخذ شكلاً مجسماً (أو دوراني غير منقطع الامتداد) أكثر من اتخاذها شكل القرص (المسطح) المستو الذي ينتهي بنهايات محددة.



(شكل رقم: ٢ ـ ١) مقارنة بين مساحة الأفق المسطح والأفق الدائري إذا نظرنا إليهما من أعلى. لاحظ اتساع الأفق الدائري كلما زاد الارتفاع، وثبات مساحة الأفق المسطح مهما زاد الارتفاع

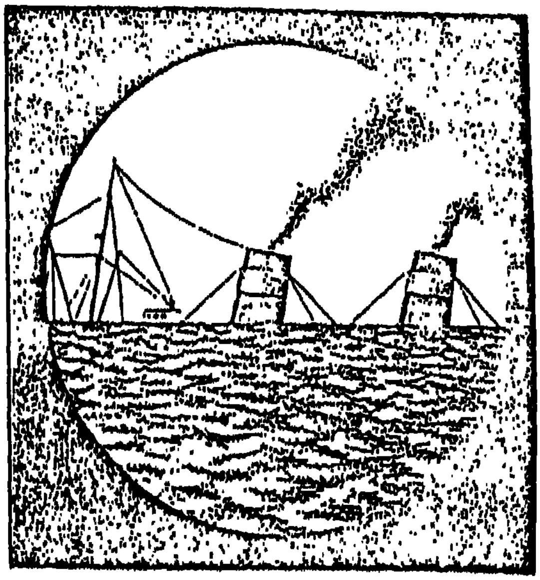
فالإبحار بالطواف حول الأرض بالشكل الذي تمت عليه رحلة ماجلان يمكن أن يتم حول أرض مكعبة أو اسطوانية الشكل.

والآن يمكن أن نسوق ثلاثة من الأدلة التي تبرهن فعلاً على كروية الأرض. الدليل الأول يمكن استنتاجه من الملاحة البحرية. فإذا أبحرت سفينتان وبعدتا عن الشاطىء وتوغلتا في عرض البحر، فإنه يبدو للناظر على الشاطىء كما وانهما تغوصان (تغرقان) تدريجياً الواحدة تلو الأخرى تحت مستوى سطح الماء حتى يختفيان عن الأنظار. والذي ينظر من خلال منظار مقرب (Telescope) إلى البحر (شكل رقم ٣ ـ ١) سيرى أن سطح البحر يرتفع تدريجياً



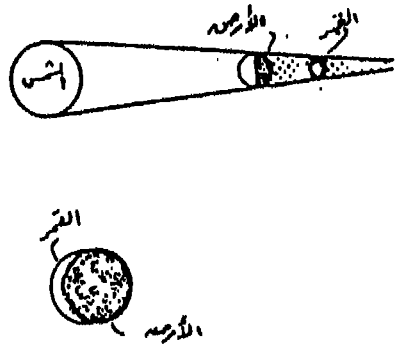
(٣ ١ أ) شكل يوضح حركة سفينتين على جسمين مائيين أحدهما كروي والآخر مسطح. في الحالة الأولى لا يرى الراصد سوى سفينة واحدة بينما تختفي الأخرى وراء الأفق. وفي الحالة الثانية يمكن للراصد رؤية السفينتين في وقت واحد.

إلى أن يختفي قلاع السفينة. وتفسير ذلك يكمن في أن سطح البحر يتقوس إلى أسفل بعيداً عنا. ولإثبات أن هذا التقوس أو الانحناء كروي في شكله يلزم إجراء العديد من المشاهدات التي يقاس فيها معدل اختفاء السفينة كوحدات المسافات في اتجاهات مختلفة من مكان الراصد. كل ذلك سوف يثبت كروية سطح البحر لأنه لو كان سطح الأرض مسطحاً (شكل رقم ٣ ـ ١ ب) فإن الناظر يمكن أن يشاهد كلا السفينتين كاملتين ولمسافات بعيدة.



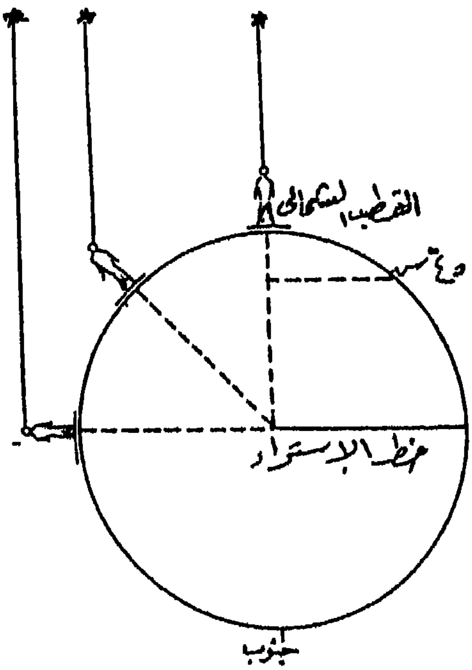
(٣ ـ١ ب) منظر من خلال تليسكوب لسفينة تبدو وكأنها شبه غارقة في مياه البحر
(شكل رقم: ٣ ـ ١) دلائل وبراهين على كروية الأرض

والدليل الثاني على كروية الأرض يبدو من مشاهدة ظاهرة خسوف القمر The Moon's Eclispse والذي يشاهد فيها ظل الأرض وهو ساقط على وجه القمر المواجه لنا. ويبدو هذا الظل على شكل قوس من دائرة على قرص القمر ويمكن أن يوضح ذلك رياضياً إذا علمنا أن الشكل المجسم (له ثلاثة أبعاد) يلقي دائماً ظلالاً دائرية. وفي حالة الخسوف المتتالية فإن الأرض نادراً ما تكون في نفس موضعها السابق وبنفس التوجيه ـ ومهما تكن صورة المظهر الجانبي للأرض أو الظل الملقى على القمر فإن الظلال الدائرية للأرض تتشابه في شكلها على القمر وهذا بالطبع يؤكد أن الأرض لا بد وأن تكون كروية (شكل رقم ٤ ـ ١).



(شكل رقم: ٤ ـ ١) خسوف القمر وظل الأرض الساقط على القمر

والدليل الثالث يستمد من بعض القواعد البسيطة المعروفة لعلم الفلك والتي استخدمها العرب خلال القرن التاسع الميلادي فالراصد في المنطقة القطبية الشمالية يرى دائماً تجمعاً لامعاً في سماء هذه المنطقة: يطلق عليه اسم النجم القطبي (النجم الشمالي North Star) في موقع السماء مسامت لموقع القطب الشمالي على سطح الأرض (شكل رقم ٥ ـ ١) فإذا ما انتقل الراصد صوب الجنوب عند دائرة عرض ٤٥ شمالاً فإنه يرى النجم القطبي على مقربة من خط الأفق. وإذا أمكن أخذ قياسات لزاوية ارتفاع النجم القطبي في مواقع مختلفة فإن هذه الزاوية ستقل درجة واحدة لكل مسافة طوالها ١١١ كيلومتراً (٦٩ ميلا) بالاتجاه جنوباً حتى خط الاستواء، ويبرهن ذلك على أن طريق تحركنا يتبع قوس من دائرة. وبتكرار هذه المشاهدات والقياسات على كثير من الخطوط التي تتميز اتجاه شمالي وجنوبي دوائر خطوط الطول أو خطوط الزوال (Meridians) في النصف الشمالي من الأرض، يثبت أن هذا النصف الشمالي عبارة عن أحد نصفي كرة حقيقية.



(شكل رقم: ٥ ـ ١) يتوقف ارتفاع النجم القطبي فوق الأفق على المكان الذي يرى فيه هذا النجم في نصف الكرة الشمالي ـ من البراهين التي تؤكد كروية الأرض

خطوط الزوال (Meridians) في النصف الشمالي من الأرض، يثبت أن هذا النصف الشمالي عبارة عن أحد نصفي كرة حقيقية.

ولعلنا نتساءل الآن ما الذي جعل الأرض تتخذ هذا الشكل القريب جداً من الشكل الكروي (الجيوئيد Geoid)؟

وتنحصر الإجابة على هذا التساؤل في الجاذبية Gravitation وتعرف الجاذبية على أنها القوة الخفية التي تؤثر على كتلة صغيرة من المادة فتجعلها تتحرك إلى أسفل صوب مركز الأرض وتعتبر الجاذبية الأرضية Gravity حالة خاصة من ظاهرة الجاذبية أو ظاهرة الجذب التبادلي بين أي كتلتين. وتعنى بالحالة الخاصة أن قوة الجذب بين كتلة الأرض. ونظراً لتناسب الجاذبية بين أي كتلتين تتناسبا عكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما، فإن قوة الجاذبية الأرضية تتوقف على المسافة بين أي مركز أي جزء من المادة الأصغر حجماً ومركز

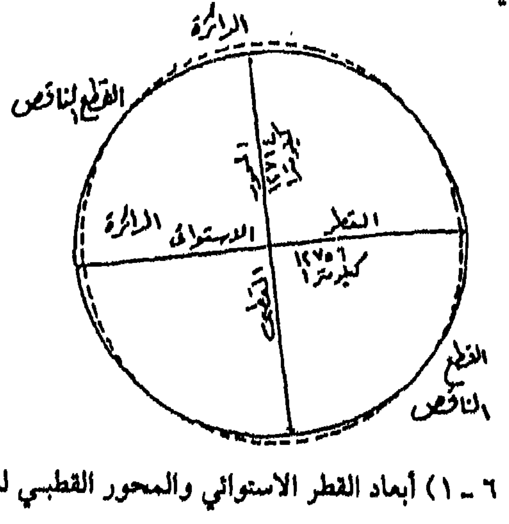
الأرض ـ الذي يقع قريباً من المركز الهندسي للكرة ومن المعروف في علم الرياضيات أن الكرة عبارة عن جسم تبعد جميع النقط على سطحه بمسافات متساوية عن المركز. وعلى أساس هذه القاعدة فإنه يمكن القول أن الجاذبية تتساوى عند كل النقط التي تقع على منسوب سطح البحر بالنسبة للأرض ككل، حيث تبعد هذه النقطة عن مركز الأرض بمسافات متساوية، وبالرغم من أهمية الجاذبية لكل أنواع الحياة التي بدأت على سطح البحر، تحت تأثير قيمة موحدة للجاذبية على الأرض وتغير لا يكاد يذكر في هذه القيمة أثناء الفترة الطويلة منذ نشأت الأرض من بليون سنة أو أكثر، إلا أنها تمثل أقل العوامل البيئية الرئيسية شيوعاً في بيئة الأرض الكوكبية. وتتخذ قوة الجاذبية الأرضية كعامل بيئي طرقاً متعددة للتأثير: فهي تعمل على تصنيف وترتيب كثافة المواد وتنظيم نطاقاتها المتباينة بحيث تتجه المواد العظيمة الكثافة الثقيلة الوزن إلى أسفل، وتحتل المواد القليلة الكثافة الخفيفة الوزن الأجزاء العليا. ومن أمثلة ذلك نظام ترتيب الكثافات لكل من الهواء والماء والصخور إذ أنها جميعاً تتخذ ترتيباً كثافياً معيناً بالنسبة لاستجابة كل منها لقوى الجاذبية. ونتيجة لذلك فإن الغلاف الجوي أو طبقة الحياة Live layer يمكن اعتباره سطحاً يشكل حدوداً مشتركاً بين الغلاف الجوي والمسطحات المائية من جهة وبين الغلاف الجوي والقشرة الصلبة للأرض من جهة أخرى ـ كذلك تمد الجاذبية الأنظمة الطبيعية في طبقة الحياة بالقوة اللازمة للعمليات التي تقوم بها مثل أنظمة الأنهار المائية والجليدية وما تقوم به من هدم وتعرية لسطح الأرض. وللوقوف على أهمية الجاذبية الأرضية كعامل وكعنصر من العناصر الرئيسية للبيئة فإنه لو افترضنا تلاشي تأثير الجاذبية أو عدم وجودها لسادت حالة من انعدام الوزن للأشياء ولترتب على هذه الحال حدوث هدم وإزالة شاملة لجميع مكونات البيئة خلال فترة قصيرة من الوقت.

وفي الحقيقة فإن هناك اختلافات طفيفة جداً ومنتظمة (ثابتة) في قوة الجاذبية من مكان لآخر على سطح الأرض ـ فقوة الجاذبية في المنطقة الاستوائية أقل منها عند القطبين، كما أنها تقل بالارتفاع عن سطح البحر، ولكن تبعاً لصغر

هذه الاختلافات فإنه يمكن اعتبار قوة الجاذبية ثابتة لجميع أركان الأرض. وبناء على ذلك فإن ثبات قيمة قوة الجاذبية يمكن اتخاذه كدليل على كروية الأرض. فإذا افترضنا أن قانون الجاذبية المشهور لنيوتن (١٦٤٣ ـ ١٧٢٧) وهو أن قوة الجذب بين أي جسمين تتوقف على حاصل ضرب كتلة الجسمين مقسوماً على مربع المسافة بينهما، قانون صحيح فإن ذلك يعني أن ثقل وزن أي شيء عند مكان ما يجب أن يكون هو نفس الثقل والوزن في أي مكان آخر على سطح الأرض، فعلى سبيل المثال إذا أخذنا قطعة من الحديد وميزاناً صغيراً بدقة معلومة وتجولنا بهما في مواقع كثيرة على سطح الأرض وفي كل موقع نقوم بوزن قطعة الحديد ونسجله، فإذا كان وزن قطعة الحديد غير مختلف لكل الأماكن فإنه يمكن القول أن عملية الوزن قد تتم في أماكن تقع على مسافات متساوية من مركز كتلة الأرض. وبالتالي فإننا نتجول فوق جسم كروي أو أرض كروية الشكل ـ وفي الحقيقة فإن نفس هذه التجربة البسيطة لإثبات كروية الأرض بطريق غير مباشر قد أجريت مرة أخرى ولكن باستخدام أجهزة أكثر دقة لأظهرت التجربة إن الشكل الحقيقي للأرض ينحرف قليلاً عن الشكل للكرة التامة الاستدارية والمتساوية الأقطار ذلك لأنها منبعجة نسبياً عند المناطق الاستوائية وشبه مفلطحة بالمناطق القطبية. ويعزي ذلك، تبعاً لقوانين الجاذبية والحركة لنيوتن، إلى أن المنطقة الاستوائية تقوم على مسافة من مركز الأرض أكبر نسبياً من مثيلتها عند المنطقة القطبية. كما يرجع السبب في انبعاج المناطق الاستوائية وتفلطح المناطق القطبية إلى أثر فعل عملية دوران الأرض حول نفسها، وما ينجم عن ذلك من تكوين قوة الطرد المركزية، والتي تعيد تشكيل الأرض وتجعلها تأخذ شكلاً هندسياً، يجعلها في حالة توازن بالنسبة لقوة الجاذبية والدوران. كما أظهرت القياسات العديد بالأجهزة المساحية الحديثة العالية الدقة أن الشكل الحقيقي للأرض هو شكل القطع الناقص المفلطح، إذ أن أي قطاع عرضي على طول المحور القطبي يوضح أنه على امتداد قطع ناقص وليس على قطر دائرة، بينما يمثل المحور الاستوائي قطر دائرة وهو بذلك يمتد عليه

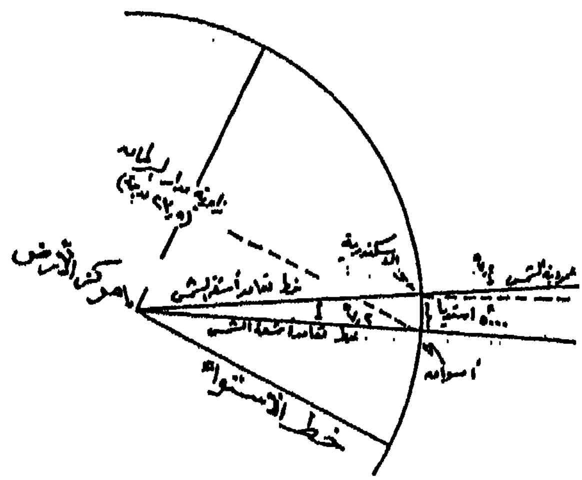
اكبر محيط محتمل لهذا القطع الناقص أو ما يعرف باسم الجيوئيد (Geoid).

ويمكن أن نعطي الآن صورة عن أبعاد شكل الكرة الأرضية (شكل رقم ٦ ـ ١) فيبلغ قطرها الاستوائي ١٢٧٥٧ كيلومتر (٧٩٧٣,١ ميلا) بينما يبلغ طول القطر الجنوبي ١٢٧١٤ كيلومتر (٧٩٤٦ ميلا) وبذلك يكون الفرق بين القطبين ٤٣ كيلومتراً (نحو ٢٧ ميلا) ويكون تفلطح القطع الناقص (مفلطح القطبين) عبارة عن نسبة هذا الاختلاف والقطر الاستوائي أي ١٢٧٥٧/٤٣ أو ٣٠٠/١ تقريباً أي أن طول المحور القطبي أقل ٣٠٠/١ من طول المحور الاستوائي وتجدر الإشارة إذن إلى أن هذا الانبعاج في المناطق الاستوائية أو التفلطح في المناطق القطبية تبعاً لاختلاف طول القطرين ليس بظاهرة بارزة، ذلك لأنه لو قدرنا أن الكرة الأرضية صارت كرة طول قطرها ١٥٠٠ ستتمتراً فإن طول القطر الاستوائي تبعاً لعملية الانبعاج، وبالنسبة السابقة ٣٠٠/١ لا يزيد عن ٥ ملليمتر عن طور المحور القطبي وقد اعتقد بعض الباحثين بأنه لا يحدث في الوقت الحاضر أي زيادة تدريجية في طول القطر الاستوائي للأرض، ومن ثم فإن سبب تلك الزيادة التي أدت إلى انبعاج المناطق الاستوائية ترجع إلى بداية نشأة الأرض عندما كانت صخورها من المرونة أو اللزوجة بحيث تساعد على انبعاج المواد التي تتكون منها في المناطق الاستوائية.



(شكل رقم: ٦ ـ ١) أبعاد القطر الاستوائي والمحور القطبي للأرض.

أما عن محيط الأرض فقد ظل مجهولاً وغير معروف تماماً حتي عام ٢٠٠ قبل الميلاد حين قام إراتوستين (أمين مكتبة الإسكندرية القديمة) بعملية قياس مباشر، على أساس رياضي، لمحيط الأرض. فقد لاحظ إراتوستين أن أشعة الشمس وقت الظهيرة أثناء يوم معين من أيام السنة (قريب لوقت الانقلاب الصيفي في ٢١ يونيو) تسقط على مدينة أسوان رأسية (عمودية) تماماً ـ أو بمعنى آخر أن الشمس عند الظهيرة تكون في نقطة التسامت في سماء أسوان وبالتالي فإن أشعتها تكون عمودية على النقطة المناظرة لها على سطح الأرض (شكل رقم ٧ ـ ١) بينما في نفس اليوم عند مدينة الاسكندرية فإن أشعة الشمس عند الظهيرة



(شكل رقم: ٧ ـ ١) طريقة إراتوستين لقياس محيط الكرة الأرضية.

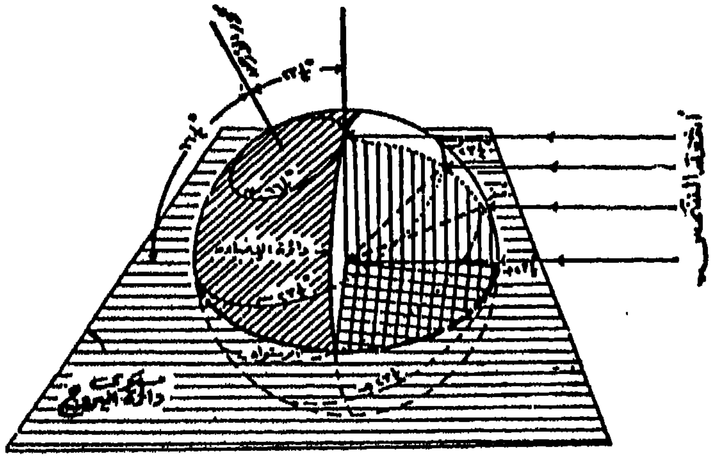
تنحرف عن الوضع العمودي بزاوية مقدارها ٧,٢ درجة (١/ ٥٠) من الدائرة. وعلى ذلك فإن إراتوستين لا يحتاج سوى معرفة المسافة (في اتجاه شمالي جنوبي) بين الاسكندرية وأسوان ليضربها في ٥٠ ويحصل على محيط الأرض. وفي أيام إراتوستين لم تكن المسافات بين الأماكن تقاس بوحدات القياس المعروفة الآن ولكنها كانت تقاس بوحدات يطلق عليها اسم الاستاديا [الاستاديا ـ ١٨٥ متراً أو ٦٠٧ قدما]. وقد وجد إراتوستين أن المسافة بين الاسكندرية

وأسوان تبلغ ٥٠٠٠ استاديا. وبعملية حسابية بسيطة يمكن معرفة طول محيط الأرض كما قاسه إراتوستين بوحدات القياس المتداولة في العصر الحالي والذي يمكن تقديره بنحو ٤٣,٠٠٠ كيلومتر (٢٦٧٠٠ ميلا) وهو رقم قريب جداً من قيم محيط الأرض التي حصلنا عليها بمساعدة الأجهزة الحديثة. إذ يبلغ محيط الأرض على المحور الاستوائي بنحو ٤٠٠٩٣ كيلومتر (٢٤٩٧٤ ميلا) أي أن محيط الأرض القطبي يقل عن محيطها الاستوائي بنحو ١٣٥ كيلومترا (٨٤ ميلا).

وتبلغ المساحة الكلية للأرض ٥١٠ مليون كيلومتر مربع (أي ١٩٦,٩ مليون ميل مربع)، أما حجم الأرض فيبلغ ١٠٨٢٠٠٠ مليون كيلومتر مكعب (أي ٢٥٩٦٠٠ مليون ميل معكب) بينما تبلغ كتلة الأرض ٥,٩٤٥ × ١٠^{٢٤} كيلو جرام (٥,٨٨٢ × ١٠^{٢١} طن).

ميل المحور القطبي للأرض:

يسمى المستوى الأفقي للكرة الأرضية أو مستوى مدار الأرض حيث تقع الشمس في إحدى بؤرتيه بمستوى دائرة البروج أو مستوى الكسوف والخسوف وينتج عن تقاطع هذا المستوى الأفقي مع سطح الأرض دائرة عظمى لأنه يمر بمركز الأرض (شكل رقم ١ ـ ٨) وهذه الدائرة تتقاطع مع دائرة الاستواء وتتمشى مع دائرة عرض ٢٣,٥ درجة شمالاً وجنوباً. وبذلك فإن مستوى دائرة الاستواء يميل عن المستوى الأفقي أو مستوى دائرة البروج بزاوية مقدارها بالدقة ٢٣ درجة و ٢٧ دقيقة (أي ٢٣,٥ درجة تقريبا) وهو ما يطلق عليه انحراف محور دوران الأرض نفسها عن الوضع العمودي الرأسي على مستوى دائرة البروج. وتعد حقيقة ميل محور دوران الأرض هذا من أهم العلاقات التي تربط بين الشمس والأرض ويقطع امتداد محور دوران الأرض القبة السماوية في نقطتين هما القطبين السماويين الشمالي والجنوبي. ويخيل للإنسان على سطح الأرض عند حركة الأرض حول الشمس ـ أن الأرض هي الثابتة والشمس هي



(شكل رقم: ٨ ـ ١) مستوى مدار الأرض ومستوى دائرة البروج.

التي تدور حول الأرض. بذلك فإن هذا المسار الظاهري المستوى للشمس بين مجموعات النجوم في القبة السماوية بدائرة الكسوف والخسوف أو دائرة البروج ـ كما ذكرنا ـ وذلك لأن كلا من ظاهرتي الكسوف والخسوف تحدث فيها عندما يقع القمر بين الأرض والشمس في الحالة الأولى، أو عندما تقع الأرض بين الشمس والقمر في الحالة الثانية. وتميل دائرة البروج عن دائرة الاستواء السماوية بزاوية مقدارها ٢٧′ ٢٣°، وبالتالي تتقاطع دائرة البروج مع دائرة الاستواء السماوي في نقطتين تسمى الأولى بنقطة الاعتدال الربيعي أو بالنقطة الأولى من الحمل لأنها تكون من بداية برج الحمل وتمر بها الشمس يوم ٢١ مارس من كل عام، بينما تسمى النقطة الثانية بنقطة الاعتدال الخريفي أو النقطة الأولى من الميزان لأنها تمثل بداية برج الميزان وتمر بها الشمس يوم ٢٣ سبتمبر من كل عام.

حركة الأرض حول محورها:

تتم الأرض دورتها حول محورها في فترة ٢٣ ساعة و ٥٦ دقيقة و ٤,٩ ثانية، وتسمى هذه الفترة باليوم النجمي ـ وهو اليوم الذي تحدد بواسطة رصد النجوم. فعند رصد موقع أحد النجوم من موقع ما على سطح الأرض في لحظة معينة وإعادة رصد النجم في اليوم التالي من نفس الموقع ـ أي بعد أن تدور الأرض دورة كاملة حول نفسها ـ فإن الفترة الزمنية بين الرصدتين تسمى باليوم النجمي Sideral day وهو يختلف عن اليوم الشمسي Solar day الذي يتحدد بالفارق الزمني بين وقت الزوال للشمس على خط طول معين ووقت الزوال على نفس الخط في اليوم الثاني، وطول اليوم الشمسي ٢٤ ساعة تماماً واتجاه حركة أو دوران الأرض حول محورها يكون عكس اتجاه الحركة الظاهرية للشمس والنجوم في القبة السماوية. وبما أن حركة الشمس والنجوم في القبة السماوية تكون من الشرق إلى الغرب فإن الأرض لا بد أن تكون حركتها أو دورانها من الغرب إلى الشرق.

ومن السهل تحديد سرعة دوران الأرض حول محورها وذلك بتحديد موقع على دائرة عرضية معينة ثم عن طريق قسمة طول محيط تلك الدائرة على ٢٤ ساعة (أي قسمة المسافة على الزمن) نحصل على سرعة دوران الأرض. فمثلاً إذا كان هذا الموقع على دائرة الاستواء الأرض التي طول محيطها ٤٠٠٠٠ كيلومتر تقريباً فإن سرعة دوران الأرض تساوي ١٦٦٦,٦٧ كيلومتر/ساعة (٤٠٠٠٠ + ٢٤ = ١٦٦٦,٦٦٧) ولكن إذا كان هذا الموقع على دائرة عرض ٦ درجة فإن سرعة دوران الأرض تبلغ ٨٣٣,٣٨ كيلومتر/ساعة (٢ ط (نق × جتا ٦) + ٢٤ = ٨٣٣,٣٨) أي نصف سرعتها عند دائرة الاستواء. ونظراً لأن هذه الحركة تتم بمعدل ثابت فلا يستطيع سكان الأرض إدراكها، ولكن الحقيقة التي يمكن استخلاصها من ذلك هي أن سرعة دوران الأرض حول محورها، أي حول نفسها، تتناقص كلما اتجهنا نحو القطبين، أي كلما تزايدت قيمة درجة العرض، وقد ترتب على هذه الحقيقة نشأة قوة طاردة للأرض تعمل على قذف

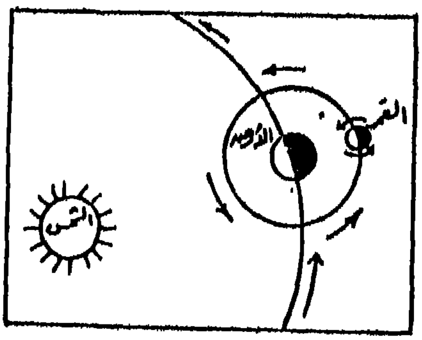
الأجسام بعيداً نحو الفضاء ولكن قوة الجاذبية الأرضية التي تبلغ ٢٨٩ مرة قدر قوة الطرد المركزية عند الاستواء والتي يكون اتجاهها مضاداً تعمل على تثبيت الأجسام على سطح الأرض كما تؤثر قوة الطرد المركزية في وزن الأجسام على سطح الأرض إذ تؤدي إلى تزايد الوزن تدريجياً بالاتجاه من دائرة الاستواء إلى القطبين. كما ترتب على تناقص سرعة دوران الأرض نحو القطبين أن الرياح والمياه الجارية تنحرف إلى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي إلى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي وتسمى القوة التي تعمل على هذا الانحراف بقوة كوريولي Corioli's.

دوران الأرض حول الشمس ـ الحركة الانتقالية Revolution:

من المعروف أن الأرض تتم دورتها أو حركتها الانتقالية أمام الشمس في فترة زمنية تعرف بالسنة وتقاس هذه الفترة عن طريق معرفة نقطة على مدار حركة الأرض حول الشمس ثم العودة إليها وذلك بمساعدة أحد النجوم الثابتة في السماء. وتسمى الفترة الزمنية اللازمة لدوران الأرض حول الشمس بهذه الطريقة بالسنة النجمية Sideral year والتي تتميز بأنها ثابتة الطول. كذلك يمكن أن تقاس هذه الفترة عن طريق معرفة طول الفترة بين اعتدال ربيعي والاعتدال الربيعي التالي له أو بمعنى آخر الفترة بين وقت زوال ٢١ مارس ووقت زوال ٢١ مارس التالي له، وتسمى هذه الفترة بالسنة المدارية Tropical وطولها ٣٦٥,٢٥ يوم تقريباً (وبالدقة ٣٦٥,٢٤٢٢ يوم أي ٣٦٥ يوم و ٥ ساعات و ٤٨ دقيقة و ٤٥,٦٨٠ ثانية) وبناءً عليه فإن الفرق بين السنة المدارية وسنة التقويم Calender year هو ربع يوم تقريباً لأن طول الأخيرة هو ٣٦٥ يوم ولكن يتجمع كل أربع سنوات يوم كامل يضاف على أيام شهر فبراير ليكمل عدد أيامه إلى تسعة وعشرين يوماً حتى تصحح به سني التقويم التي تسمى في هذه الحالة بالسنة الكبيسة، ولكن يظل هناك فرق تصحيح صغير مقداره ١١ دقيقة و ١٤,٣٢٠ ثانية (٠,٠٠٧٨ يوم) بالزيادة أي أن إشارته موجبة يتم تصحيحه كل

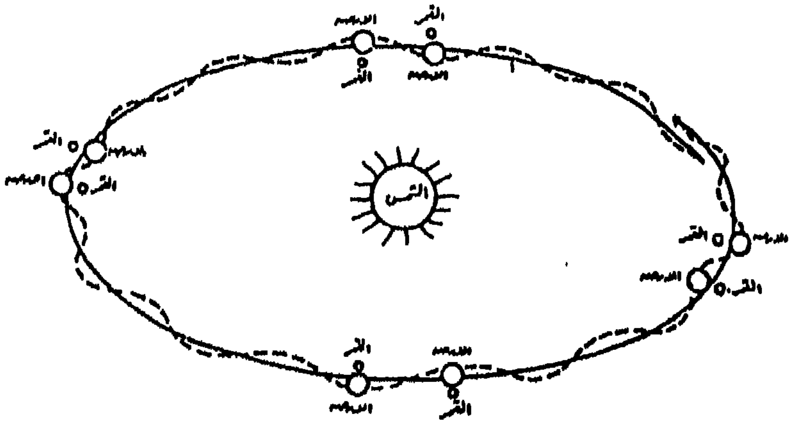
١٢٨ سنة عن طريق طرح يوم كامل من فترة هذه السنوات. ولذلك فإنه يسمى بالتصحيح القرني. ولقد اتفق على حذف سنوات القرون من السنة الكبيسة ما لم تكن أعداد هذه السنوات تقبل القسمة على ٤٠٠.

واتجاه دوران الأرض حول الشمس هو نفس اتجاه الأرض حول نفسها أي من الغرب إلى الشرق (شكل رقم ٩ ـ ١) أو بمعنى آخر أن الأرض تدول حول الشمس في حركة عقارب الساعة. ويسمى المسار الذي تسلكه الأرض في حركتها حول الشمس بمدار الأرض Earh Orpit وهو على شكل قطع ناقص وليس على شكل دائرة كاملة الاستدارة وتحتل الشمس إحدى بؤرتي هذه القطع الناقص. ولا يجب أن نتوقع أن النقطة التي ترسم مسار الأرض حول الشمس هي مركز الأرض. والسبب في ذلك يرجع إلى تلازم الأرض وتابعها القمر في حركتها حول الشمس ولو كانت كتلة القمر تساوي كتلة الأرض فإن النقطة التي ترسم مسارهما على شكل قطع ناقص حول الشمس ستكون هي النقطة الواقعة في منتصف المسافة بينهما. ولكن كما نعرف أن كتلة القمر تقل ٨٠ مرة عن كتلة الأرض ولذلك فإن نقطة مركز مجموع كتلتي الأرض والقمر تقع على مسافة ٤٨٠٠ كيلومتر من مركز الأرض. وهذه النقطة لا ترسم بدورها قطعاً ناقصاً أثناء دوران الأرض والقمر حول الشمس، وذلك لأن القمر يدور حول الأرض في اتجاه دورانها حول الشمس أي ضد عقارب الساعة أيضاً ـ وبناءً عليه فإنه عندما



(شكل رقم: ٩ ـ ١) اتجاه حركة دوران الأرض حول نفسها.

يكون القمر والشمس في جهة واحدة بالنسبة للأرض، فإن مركز الدوران يبتعد عن الشمس، وعندما يكون القمر من الجهة الأخرى للأرض والتي تكون في هذه الحالة مواجهة للشمس فإن مركز الدوران يقترب من الشمس. ويبلغ مقدار الابتعاد والاقتراب ٩٦٠٠ كيلومتر تقريباً. وبذلك فإن نقطة مركز دوران الأرض وتابعها القمر ترسم مساراً متعرجاً حول الشمس (شكل رقم ١٠ ـ ١). ومما يساعد على تعرج مسار الأرض حول الشمس وجود قوى جذب أخرى وهي قوة جاذبية كواكب نظامنا الشمسي. وبالرغم من أن كتلة هذه الكواكب أكبر بكثير من كتلة القمر إلا أن زيادة بعدها عن الأرض والتالي تأثير قوتها المؤثرة في تعرج مسار الأرض حول الشمس تكون ضئيلة جداً حتى أنه لا يعتد بها في هذا الشأن.



(شكل رقم: ١٠ ـ ١) المسار المتعرج للأرض والقمر حول الشمس ـ ومنه يظهر مدى اقتراب وابتعاد مركز دوران الأرض وتابعه القمر.

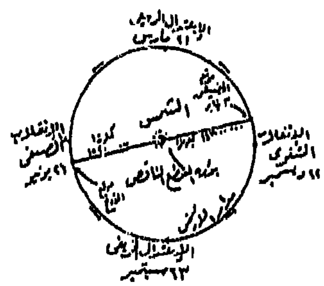
أثر دوران الأرض حول الشمس وميل محورها القطبي:

أدى دوران الأرض حول الشمس مرة كل سنة بالإضافة إلى ميل محورها القطبي بزاوية قدرها ٢٣,٥ درجة إلى حدوث ظاهرتين واضحتين يتأثر بهما

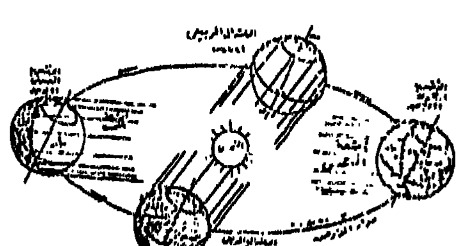
الإنسان تأثيراً مباشراً وهما: حدوث الفصول الأربعة حيث تتغير الأحوال المناخية أربع مرات في السنة بالإضافة إلى ظاهرة الليل والنهار.

١ ـ ظاهرة الفصول الأربعة:

لو كان المحور القطبي للأرض عمودياً على مدارها حول الشمس لما حدثت ظاهرة الفصول الأربعة: الانقلابين Solstice (الشتاء والصيف) والاعتدالين Equinox (الربيع والخريف)، إذ أنه في هذه الحالة يكون وضع الأرض بالنسبة للشمس واحداً في جميع أوقات السنة وبالتالي تتشابه الأحوال المناخية على كل سطح الأرض طوال العام. إلا أن ميل المحور القطبي للأرض بزاوية ٢٣,٥ درجة قد أدى إلى اختلاف وضع كوكب الأرض أمام الشمس كل يوم (شكل رقم ١١ ـ ١) وتتميز الظروف الفلكية لنصفي الكرة الأرضية في الانقلابين بأنها متغيرة ومتناقضة، أما في الاعتدالين فتكون متطابقة.



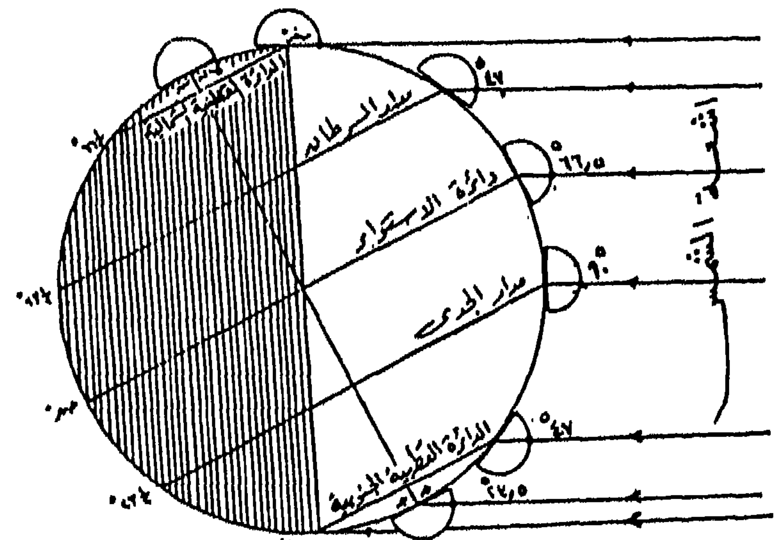
أ ـ موقع الأرض بالنسبة للشمس أثناء الفصول الأربعة



ب ـ اختلاف وضع الأرض أمام الشمس من أثر ميل المحور

(شكل رقم: ١١ ـ ١) ظاهرة الفصول الأربعة على سطح الأرض.

حينما تقع الأرض في مدارها في يوم ٢٣ ديسمبر بحيث يتجه طرف محورها عند القطب الشمالي بعيداً عن الشمس بزاوية مقدارها ٢٣,٥ درجة فإن نصف الكرة الشمالي يبتعد عن الشمس في حين يقترب النصف الجنوبي من الشمس. ويطلق على هذا الوضع اسم الانقلاب الشتوي Winter Solstice وفي هذه الحالة يكون تعامد الشمس وقت زوال ٢٢ ديسمبر على مدار الجدي فيحل فصل الشتاء الشمالي ومعه يحل فصل الصيف الجنوبي للأرض (شكل رقم ١٢ ـ ١) وفي الانقلاب الشتوي تقسم دائرة الإضاءة، وهي الدائرة العظمى التي تنصف الأرض إلى نصفين أحدهما مضيء والآخر مظلم، دوائر العرض إلى قسمين غير متساويين ما عدا دائرة الاستواء، كما تمس كلاً من الدائرة القطبين الشمالية والجنوبية. وتتميز فترة الانقلاب الشتوي بأن الليل في نصف الكرة الشمالي أطول من النهار بينما في نصف الكرة الجنوبي يكون النهار أطول من الليل، كما يتزايد عدم التساوي بين الليل والنهار بالاتجاه من الاستواء ناحية القطبين ويبلغ طول الليل في منطقة ما بين الدائرة القطبية الشمالية والقطب



(شكل رقم: ١٢ ـ ١) اختلاف زوايا ارتفاع الشمس عن مستوى الأفق وقت الزوال على دوائر العرض المختلفة في الانقلاب الشتوي.

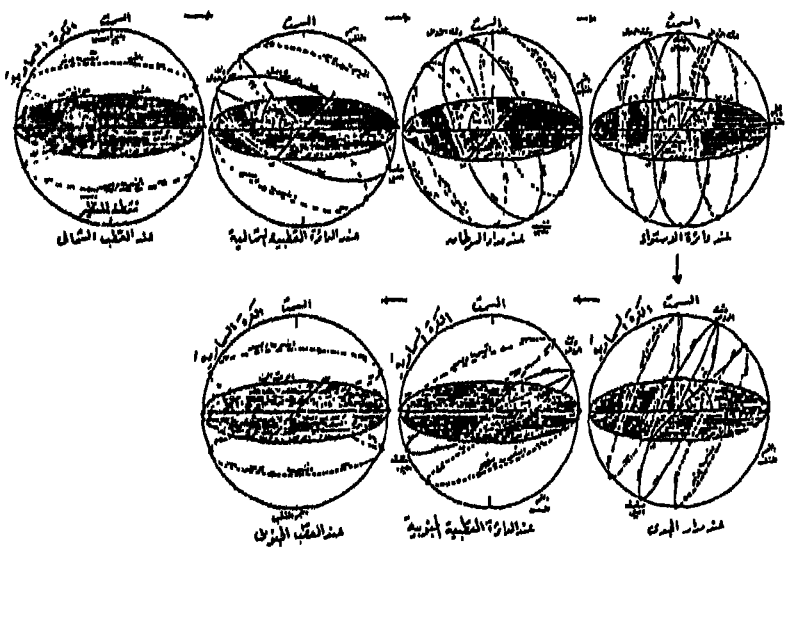
الشمالي ٢٤ ساعة لوقوع هذه المنطقة في المنطقة المظلمة التي لا تصلها أشعة الشمس عند دوران الأرض لأن الشمس في هذه الحالة تكون تحت الأفق. والعكس يحدث في المنطقة فيما بين الدائرة القطبية الجنوبية والقطب الجنوبي إذ يبلغ طول النهار ٢٤ ساعة لوقوعها في النصف المضيء فالشمس تشرق عند خط الأفق في منتصف الليل وترتفع بالتدريج حتى تصل إلى زاوية ارتفاع ٢٣,٥ درجة ثم تنخفض بالتدريج أيضاً حتى تصل إلى خط الأفق في منتصف الليل الثاني. وبذلك فإن زاوية ارتفاع الشمس عن مستوى الأفق وقت الزوال سوف تختلف في هذا الفصل على دوائر العرض المختلفة. وعلى الرغم من أن سطح الأرض مقوس إلا أن مستوى الأفق بالنسبة للراصد عبارة عن مستوى أفقي تماماً يمس الأرض عند موقع الراصد. ويمكن معرفة زاوية ارتفاع الشمس وقت الزوال عند درجات العرض المختلفة باستخدام القاعدة الآتية: ـ

زاوية ارتفاع الشمس عن مستوى الأفق = ٩٠ ـ الفرق بين عرض الراصد وعرض تعامد الشمس. وبناءً على هذه القاعدة يمكن القول بأن الشمس ترتفع عن مستوى أفق الراصد وقت الزوال على دائرة الاستواء بزاوية مقدارها ٦٦,٥ درجة وهي الفرق بين ٩٠ درجة، ٢٣,٥ درجة. ترتفع عن مستوى أفق الراصد كما أنه حينما تتعامد الشمس وقت الزوال على مدار الجدي وتصبح في سمت الراصد تماماً فإن زاوية ارتفاع الشمس عن مستوى الأفق بالنسبة للراصد في هذه اللحظة تساوي ٩٠ درجة، وتعتبر دائرة العروض ٢٣,٥ درجة هي آخر دائرة تتعامد عليها أشعة الشمس في نصف الكرة الجنوبي إذ لا تتعامد على أية دائرة عرضية جنوبية تقع بعدها في أي وقت من أوقات السنة. أما عند الدائرة القطبية الشمالية سوف تكون الشمس في مستوى أفق الراصد تماماً وقت الزوال، بينما ترتفع الشمس عن أفق الراصد عند الدائرة القطبية الجنوبية وقت الزوال بزاوية مقدارها ٤٧ درجة. أما عند القطب الجنوبي فإن الشمس ترتفع عن مستوى أفق الراصد بزاوية مقدارها ٢٣,٥ درجة.

وفي الانقلاب الشتوي يتحدد خط سير الشمس أو ما يعرف بمسار الشمس

عن طريق مراقبة الشمس في السماء التي تظهر للراصد في شكل كرة مجوفة مركزها الأرض والسطح الداخلي لهذه الكرة الذي يتحرك عليه الشمس والكواكب والمجموعات النجمية سمي بالقبة السماوية (شكل رقم ١٣ ـ ١)، وحركة الشمس في هذه القبة تبدأ بشروقها من الشرق ثم ترتفع تدريجياً حتى تصل إلى أعلى نقطة في مسارها ثم تنحدر تدريجياً إلى أسفل إلى أن تغرب في الغرب وتواصل هبوطها التدريجي حتى تصل إلى أدنى نقطة لها في مسارها ثم ترتفع تدريجياً حتى تشرق من جديد. ويصنع مسار الشمس مستوى دائرة صغرى يتقاطع مع مستوى الأفق في نقطتين هما: الشرق والغرب. وبذلك يمكن تحديد مقدار زاوية تقاطع مستوى مسار الشمس مع مستوى الأفق عند دائرة عرض ما في أي وقت من أوقات السنة كما يلي:

زاوية مسار الشمس = ٩٠ ـ درجة المكان.



(شكل رقم: ١٣ ـ ١) مسار الشمس عند دوائر العرض الرئيسية أثناء الفصول الأربعة.

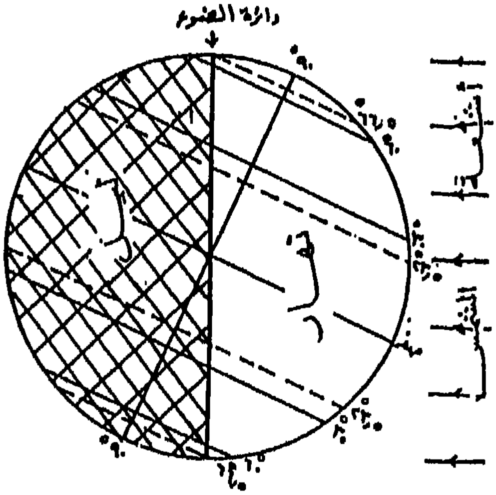
وعندما تتعامد الشمس على مدار السرطان وقت زوال يوم ٢١ يونيو يحل الانقلاب الصيفي Summer Solstice، ويتجه نصف الكرة الأرضية الشمالي نحو الشمس [شكل رقم ١٥ ـ ١). وفي فصل الصيف الشمالي يحدث عكس ما يحدث في فصل الشتاء الشمالي بالنسبة لدائرة الضوء، وظول الليل والنهار، وزوايا ارتفاع الشمس عن مستوى الأفق على دوائر العرض المختلفة، والتي سوف تختلف قيمتها بمقدار ٤٧ درجة عما كانت عليه في الانقلاب الشتوي (٢٣,٥ درجة للجدي + ٢٣,٥ درجة للسرطان).

أما الفصلين الآخرين فيطلق عليهما معاً الاعتدالين Equinoxes. ففي يومي ٢١ مارس و ٢٣ سبتمبر يحدث الاعتدال الربيعي والاعتدال الخريفي على الترتيب، وذلك عندما تتعامد أشعة الشمس على دائرة الاستواء. وفي تلك الأوقات فإن دائرة الإضاءة تمر بنقطتي القطب الشمالي والقطب الجنوبي كما أنها تنصف دوائر العرض المختلفة إلى قسمين متساويين مما ينتج عنه تساوي طول الليل والنهار، أي تشرق الشمس في السادسة صباحاً وتغرب في السادسة مساءً على كل الأماكن على سطح الأرض حسب التوقيت المحلي للموقع. ويظهر مسار الشمس في هذين الفصلين بشكل متعامد على مستوى الأفق فتكون زاوية مسار الشمس عند الاستواء ٩٠ درجة (٩٠ ـ صفر = ٩٠) كما تكون هذه الزاوية عند كل من القطب الشمالي والجنوبي مساوية للصفر وذلك لأن مستوى مسار الشمس في تلك الأوقات يكون موازياً لمستوى الأفق (٩٠ ـ ٩٠ = صفر).

٢ ـ اختلاف طول الليل والنهار:

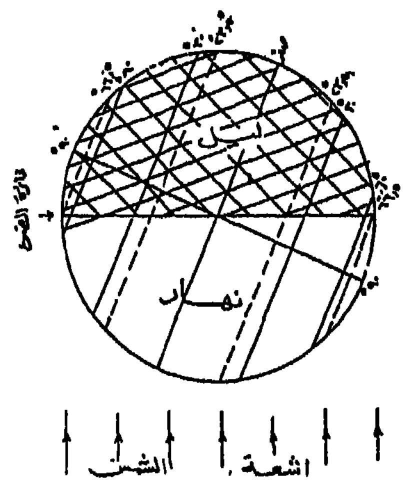
يتعرض القسم الأكبر من نصف الكرة الشمالي للضوء عندما يكون القطب الشمالي مائلاً نحو الشمس (الانقلاب الصيفي) الشمالي بينما يقع القسم الباقي من نصف الكرة الشمالي للظلام. وبالتالي تقطع الأماكن الواقعة شمال خط الاستواء الجزء الأكبر من دورتها مع الأرض في الضوء والجزء الأصغر في

الظلام. أو بعبارة أخرى يكون النهار أطول من الليل، ويأخذ النهار في الازدياد كلما بعدنا عن خط الاستواء حتى ينعدم الليل كلية عند الدائرة القطبية، أما عند خط الاستواء فيتساوى طول الليل والنهار ليصل طول كل منهما ١٢ ساعة. وعكس ذلك يحدث تماماً في نصف الكرة الجنوبي إذ يقصر النهار ويطول الليل حتى يكون اليوم كله ليلاً عند الدائرة القطبية الجنوبية (شكل رقم ١٤ ـ ١).



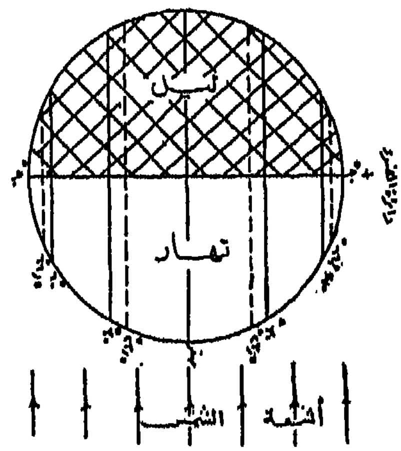
(شكل رقم: ١٤ ـ ١) دائرة الضوء وطول الليل والنهار خلال الانقلاب الصيفي.

وعندما يبتعد القطب الشمالي عن الشمس يمس نطاق الضوء كلاً من الدائرتين القطبيتين، فيتعرض القسم الأكبر من نصف الكرة الشمالي للظلام والقسم الأصغر للضوء. وتقع الأماكن الواقعة شمال خط الاستواء الجزء الأصغر من دورتها مع الأرض في الضوء والجزء الأكبر في الظلام أي أن الليل يزداد طولاً ويزداد النهار قصراً كلما بعدنا من خط الاستواء حتى ينعدم عند الدائرة القطبية الشمالية، أما عند خط الاستواء فيتساوى طول الليل والنهار. ويحدث عكس ذلك تماماً في نصف الكرة الجنوبي إذ يطول النهار ويقصر الليل حتى ينعدم عند الدائرة القطبية الجنوبية (شكل رقم ١٥ ـ ١).



(شكل رقم: ١٥ ـ ١) طول الليل والنهار وقت الانقلاب الشتوي.

وعندما لا يميل أحد القطبين نحو الشمس فإن ضوء الشمس يصل إلى كل من القطبين أي أن دائرة الضوء تقسم دوائر العرض إلى قسمين متساويين فيتساوى طول الليل مع طول النهار أو بعبارة أخرى تقطع الأماكن على جميع جهات الكرة الأرضية نصف دورتها في الضوء والنصف الآخر في الظلام حسب طول الليل والنهار على سطح الأرض (شكل رقم ١٦ ـ ١).



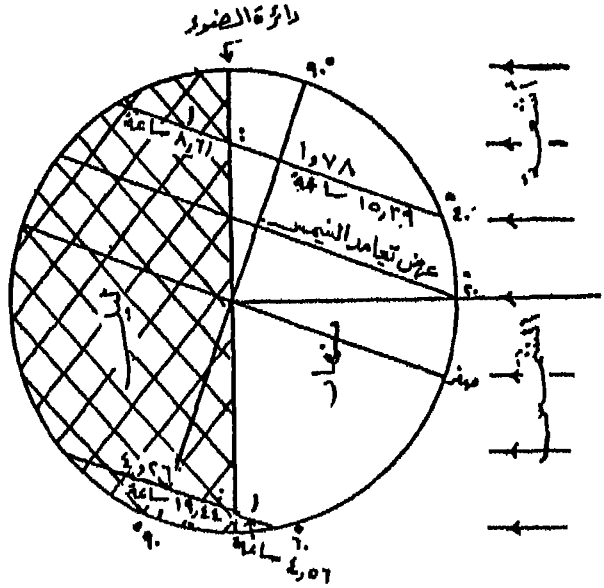
(شكل رقم: ١٦ ـ ١) تساوى طول الليل والنهار وقت الاعتدالين.

حساب طول الليل والنهار على سطح الأرض

نظراً لتساوي طول الليل والنهار ـ كما ذكرنا ـ عند بداية الاعتدالين أي (في يوم ٢١ مارس و ٢٣ سبتمبر) فإنه يمكن حساب طول الليل والنهار طوال أيام السنة على دوائر العرض المختلفة باستخدام الجداول الفلكية التي تحدد زاوية ارتفاع الشمس على خط الاستواء، وسنكتفي هنا بحساب طول الليل والنهار يوم تعامد الشمس على مدار السرطان يوم ٢١ يونيو ويوم تعامدها على مدار الجدي يوم ٢٢ ديسمبر.

ولحساب طول الليل والنهار يوم ٢١ يونيو نرسم أولاً دائرة تشمل الكرة الأرضية بمقياس رسم معين ويبين عليها محور الأرض في وضع مائل عن الوضع الراسي بزاوية مقدارها ٢٣,٥ درجة، ويكون ميل هذا المحور في اتجاه الشمس ثم نرسم القطر الاستواء في وضع عمودي على محور الأرض أي بميل القطر الاستوائي عن المستوى الأفقي بزاوية مقدارها ٢٣,٥ درجة ماراً بالمركز وبعد ذلك توقع زاوية عرض المكان المطلوب حساب طول الليل والنهار عنده باستخدام المنقلة ابتداءً من مركز الدائرة ومنها نرسم خطاً موازياً للخط الاستوائي يقطع الكرة الأرضية في نقطتين ويمثل هذا الخط قطر دائرة العرض المطلوبة. يرسم قطر دائرة الضوء كمحور رأسي للكرة الأرضية أي يكون عمودياً على المحور الأفقي لها على القطر الاستوائي ويعرف قطر دائرة الضوء بذلك بأنه الحد الفاصل بين الليل والنهار الذي يقطع قطر دائرة عرض المكان في نقطة. ومن ذلك يتضح أن طول الليل إلى النهار سيكون كنسبة طول المسافة من نقطة التقاطع الأولى لقطر دائرة العرض ونقطة تقاطع دائرة الضوء لها إلى المسافة من نقطة تقاطع دائرة الضوء لقطر دائرة العرض ونقطة التقاطع الثانية لقطر دائرة عرض المكان لمحيط الكرة الأرضية من الجهة الأخرى، وتقاس كل مسافة على حدة أي مسافة الضوء ومسافة الظلام على دائرة العرض) وتمثل النسبة بين طول الليل والنهار وتضرب هذه النسبة في ٢٤ ساعة نحصل على

طول النهار وطول الليل (شكل رقم ١٧ ـ ١).

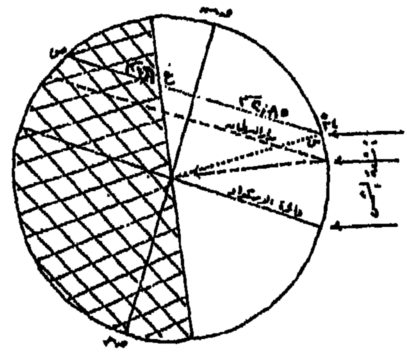


(شكل رقم: ١٧ ـ ١) نسبة طول الليل والنهار على دائرة عرض ٤٠ شمالاً ودائرة عرض ٦٠ جنوباً.

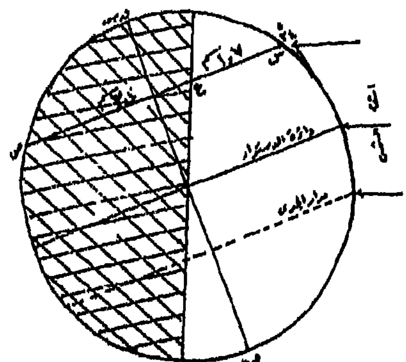
ويمكن أيضاً حساب طول الليل والنهار يوم ٢٢ ديسمبر حيث تتعامد أشعة الشمس على مدار الجدي ويكون ميل المحور في اتجاه بعيد عن الشمس بنفس الطريق السابقة (شكل رقم ١٥ ـ ١).

مثال: احسب طول الليل والنهار يومي ٢١ يونيو و ٢٢ ديسمبر لمدينة تقع على دائرة عرض ٣٤ درجة شمالاً.

الحل: يتم الحل على أساس الخطوات السابقة ومن الرسم يمكن تحديد نسبة طول الليل والنهار على دائرة العرض ٣٤ درجة شمالاً كما يوضحها الشكل التالي (شكل رقم ١٨ ـ ١) وذلك بقياس طول المسافة ص ع إلى المسافة س ع.



١- طول الليل والنهار يوم ٢١ يونيو



(شكل رقم: ١٨ ـ ١) حساب طول الليل والنهار عند دائرة عرض ٣٤ شمالاً.

طول س ع (النهار) = ٢,٨٥ سنتمتر، طول المسافة ص ع (الليل) = ١,٦ سنتمتر.

طول النهار= $\frac{٢,٨٥ \times ٢٤}{٤,٤٥}$ =١٥,٣٧ ساعة أي ١٥ ساعة و ٢٢ دقيقة و ١٢ ثانية.

طول الليل = $\frac{٢٤ \times ١,٦}{٤,٤٥}$ = ٨,٦٣ ساعة أي ٨ ساعات و ٣٧ دقيقة و ٤٨ ثانية.

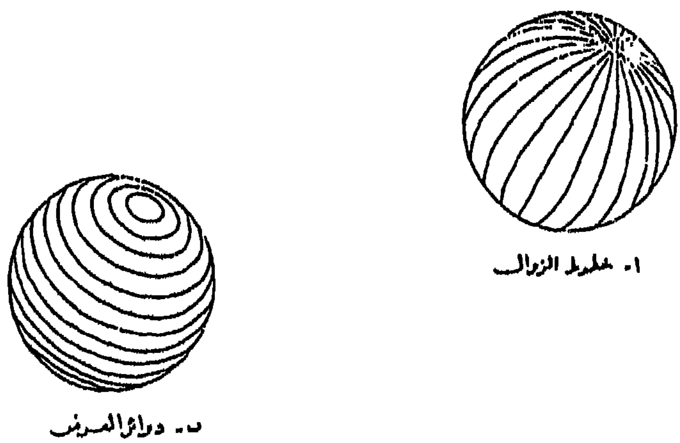
طول س ع (النهار) ١,٧ سنتيمتر طول المسافة س ع.
(الليل) = ٣,٠ سنتيمتر.

طول النهار = $\frac{٢٤ \times ١,٧}{٤,٧}$ = ٨,٦٨ ساعة أي ٨ ساعات و ٤٠ دقيقة و ٤٨ ثانية.

طول الليل = $\frac{٢٤ \times ٣,٠}{٤,٧}$ = ١٥,٣٢ ساعة أي ١٥ ساعة و ١٩ دقيقة و ١٢ ثانية.

الفصـل الثانـي
خطوط الطول ودوائر (درجات) العرض

عرفنا أنه نتيجة دوران الأرض حول محورها يوجد نقطتي أساسيتان يقطعان خط المحور مع سطح الأرض هما نقطة القطب الشمالي والقطب الجنوبي. وهاتان النقطتان لهما أهمية جغرافية كبيرة إذ عليهما تبني الشبكة الفلكية على سطح الأرض والتي تتكون من خطوط تتجه من الشمال إلى الجنوب لتصل بين القطبين تسمى خطوط الطول أو خطوط الزوال Meridian (شكل رقم ١ أ ـ ٢) ودوائر شرقية غربية متوازية تسمى العرض أو المتوازيات Paralles (شكل رقم ١ ب ـ ٢). وتستخدم شبكة خطوط الطول ودوائر العرض عند تحديد الأماكن وتعينها على سطح الأرض.



(شكل رقم: ١ ـ ٢) خطوط الزوال ودوائر العرض على الكرة الأرضية.

خطوط الطول Longitude:

تسمى خطوط الطول بخطوط الزوال Meridians. وهي عبارة عن أنصاف دوائر تصل القطب الشمالي بالقطب الجنوبي، وكل خطين متقابلين يكملان دائرة عظمى طول محيطها يساوي طول محيط الأرض. وقد اعتبر خط الزوال المار بالمرصد الملكي لبلدة جرينتش بالقرب من مدينة لندن خطاً أساسياً لترقيم خطوط الطول على سطح الأرض. فخط زوال جرينتش أعطى له رقم صفر يليه من ناحية الشرق ١٨٠ خطاً ومن ناحية الغرب ١٨٠ خطاً، وبذلك فإن خط زوال ١٨٠ شرقاً سوف ينطق على خط زوال ١٨٠ غرباً.

ويستفاد بخطوط الزوال في تحديد الاتجاه الشمالي والجنوبي الحقيقي أو الجغرافي بالإضافة إلى أنها تساعد أيضاً في تحديد مواقع الأماكن على سطح الأرض. وتتميز خطوط الزوال بأن المسافة بين أي خطين منها تكون كبيرة على دائرة الاستواء وتتناقص هذه المسافة بالاتجاه شمالاً وجنوباً حتى تتلاشى عند نقطتي القطبين. كما أنه بالإمكان رسم عدد كبير من خطوط الزوال على سطح الأرض بين كل خط زوال وآخر بتقسيم قيمة الزاوية بين خطين متتالين وهي درجة واحدة إلى ٦٠ دقيقة كل منها بخط وتقسيم الدقيقة إلى ٦٠ ثانية كل منها بخط أيضاً.

ويحسب طول خط الزوال والذي يمثل نصف محيط الدائرة العظمى في الحسابات الجغرافية على اعتبار أنه محيط الدائرة العظمى التي تتكون من تلاقي خطين من خطوط الزوال يساوي طول محيط الكرة الأرضية التي يبلغ نصف قطرها ٦٣٧٠ كيلومتر. وبناءً عليه فإن:

طول محيط الدائرة العظمى (طول محيط الأرض) = ٢ ط نق.

(ط = ٣,١٤ أو $\frac{٢٢}{٧}$).

٢ × ٣,١٤ × ٦٣٧٠ = ٤٠٠٣,٦ كيلومتر

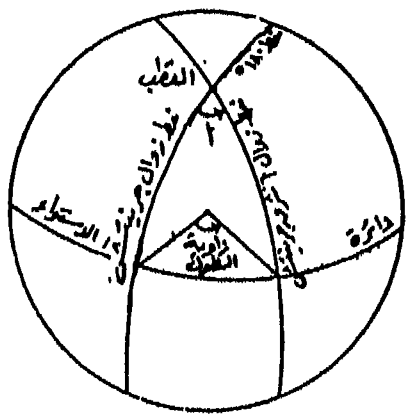
= ٤٠٠٠٠ كيلومتر تقريباً

وبما أن طول خط الزوال يساوي نصف محيط الدائرة العظمى =

$$\frac{\text{٢ ط نق}}{\text{٢}} = \text{ط نق}$$

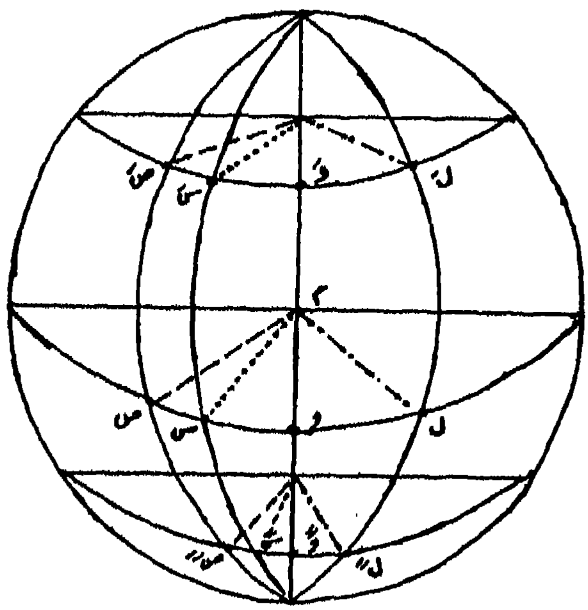
فإنه يساوي ٣,١٤ × ٦٣٧٠ = ٢٠٠٠١,٨ أي ٢٠٠٠٠ كيلومتر تقريباً ـ وبذلك تكون المسافة من نقطة القطب الشمالي إلى نقطة القطب الجنوبي على سطح الأرض تساوي ٢٠٠٠٠ كيلومتر تقريباً.

أما طول المكان على سطح الأرض فيعرف بأنه عبارة عن الزاوية الواقعة على مستوى دائرة الاستواء ورأسها عند مركز الأرض وضلعها الأساسي هو خط زوال جرنيتش أما ضلعها الآخر فهو خط الزوال الذي يمر بهذا المكان ويجب في هذه الحالة ذكر الجهة التي يوجد بها الموقع بالنسبة لخط زوال جرينتش شرقاً أو غرباً (شكل رقم ٢ ـ ٢) وتقاس هذه الزاوية بالدرجات والدقائق والثواني. وبما أن خط الزوال ـ كما عرفنا ـ هو الخط الذي يصل بين المواقع التي لها طول متساوي أي لها نفس الابتعاد الزاوي عن خط زوال جرينتش فإن



(شكل رقم: ٢ ـ ٢) تحديد زاوية الطول على الكرة الأرضية.

طول المكان عبارة عن مقدار الزاوية المقاسة سواء قيست هذه الزاوية من مركز الأرض أو أي نقطة تقع على المحور أو بين القطبين. وتقدر المسافة المقابلة لفرق طول مقداره درجة واحدة عند الاستواء (المسافة بين خطين متتالين من خط الزوال) تساوي ١١١ كيلومتر تقريباً (٦٩ ميلاً). وكما ذكرنا فإن هذه المسافة تتناقص كلما ابتعدنا عن خط الاستواء حتى تصل إلى الصفر عند القطبين. ففي (شكل رقم ٣ ـ ٢) تقع النقطة ل و س ص على دائرة الاستواء وعلى خطوط زوال مختلفة. والخط المار بنقطة (و) يمثل خط الزوال الأساسي أو خط بدء القياس (خط صفر). فمن مركز الأرض أي من نقطة (م) نجد أن درجة طول الموقع (ل) تساوي زاوية وم ل وهي تقع شرق خط القياس الأساسي. كذلك بالنسبة لدرجة طول الموقع (س) الذي هو عبارة عن الزاوية



(شكل رقم: ٣ ـ ٢) طريقة تحديد درجة الطول.

وم س (غرباً)، والموقع (ص) الذي تحدد درجة الطول له بالزاوية وم ص (غرباً). وإذا انتقلنا إلى دائرة عرض أخرى ولتكن دائرة ٦٠ شمالاً مثلاً، نلاحظ أن هذه الزاوية السابق تقديرها على دائرة الاستواء هي نفس الزوايا المقاسة على دائرة عرض ٦٠ درجة شمالاً، وإن كان الاختلاف أن مركز قياس الزوايا أصبح هو نقطة (م) بدلاً من نقطة (م) والأولى تقع على امتداد المحور، أو بمعنى آخر أنها مسامته لنقطة (م). كما أن النقط (س) أو (ص) أو (ل) كل منها تقع على نفس خطوط زوال النقط السابقة (س، ص، ل) الواقعة على دائرة الاستواء. فإذا وصلنا إلى نقطة القطب (ج) كانت الزاوية المحصورة بين خطوط الزوال الأساسي، ومختلف خطوط زوال هذه النقطة هي الزاوية المقاسة من نقطة القطب (ج) إلى هذه الخطوط وتكون مساوية لنفس درجات الطول السابق تحديدها سواء على دائرة عرض ٦٠ درجة أو على دائرة الاستواء أو أي دائرة عرض أخرى تقع إلى الجنوب من دائرة الاستواء.

تحديد درجة طول المكان:

لا توجد هناك طريقة مباشرة أو شبه مباشرة لقياس درجة أو زاوية الطول إلا أنه يمكن تقديرها عن طريق سرعة دوران الأرض حول نفسها. فمن المعروف أن الأرض تدور حول محورها أمام الشمس من الغرب إلى الشرق، وتتم دورة كاملة لها كل ٢٤ ساعة. وهذا يعني أن خطوط الزوال جميعها تمر أمام الشمس بصورة متتابعة خلال اليوم الواحد. وبذلك فإن المسافة بين خطين متتالين من خطوط الزوال تمر أمام الشمس في فترة زمنية تساوي أربع دقائق.

$$\frac{\text{٢٤ ساعة} \times \text{٦٠ دقيقة}}{\text{٣٦٠ خط زوال}} = \text{٤ دقائق}$$

أي أن كل ١٥ خط زوال تمر أمام الشمس في فترة زمنية مقدارها ساعة واحدة. ونظراً لأن الشمس تشرق وتغرب على جميع الأماكن الواقعة على خط

زوال واحد في وقت واحد، ولكنها تبعاً لحركة دورانها ستشرق على خطوط الزوال الشرقية قبل الغربية، وبذلك فإن الأماكن التي تقع على خطوط الزوال الشرقية ستكون أسبق في الزمن من تلك الواقعة على خطوط الزوال الغربية. والنتيجة أن كل خط زوال يسبق الخط الواقع إلى الغرب منه بفترة زمنية مقدارها أربع دقائق. أي أنه إذا كانت الشمس على خط زوال جرينتش ١٢ ظهراً فإن الأماكن الواقعة إلى الشرق منه تسبقه في التوقيت بمقدار ٤ دقائق لكل خط زوال شرقاً فيكون الوقت عند خط زوال ٣٠ شرقاً هو الساعة الثانية بعد الظهر وعند خط زوال ١٥ غرباً هو الساعة الحادية عشرة قبل الظهر.

وبذلك تستخدم خطوط الزوال في حساب الوقت كما يمكن الاستفادة من الوقت في حساب خطوط الزوال، وفي كلا الأمرين استفادة عند تعيين الأماكن على سطح الأرض. فعلى أساس معرفة الوقت في مكان ما له خط زوال معلوم ومقارنته بالوقت عند مكان آخر على خط زوال مجهول يمكن حساب خط الزوال المجهول. فمثلاً إذا كان الوقت على خط الزوال المجهول يتأخر عن الوقت على خط الزوال المعلوم يكون المكان الأول واقعاً إلى الغرب من الخط الثاني والعكس بالعكس صحيح ويكون فارق الزمن معادلاً لفرق الطول. وبناءً على ذلك يمكن القول بأنه إذا تمكنا من تحديد الفرق الزمني بين أي مكانين على سطح الأرض فإنه يمكن تحويل هذا الفرق الزمني إلى فرق في الدرجات الطولية أو العكس.

وجرى العرف على أن ينسب الوقت إلى وقت خط زوال جرينتش (خط بداية القياس) ومنه يعرف خط الزوال المجهول.

مثال:

إذا كانت الساعة في مدينة القاهرة التي تقع على خط زوال ٣١ درجة شرقاً هي الثالثة مساء (الساعة ١٥) فما هو خط زوال مدينة دلهي التي كان الوقت بها

الساعة السادسة مساءً (الساعة ١٨) وخط زوال مدينة مرسيليا التي كانت الساعة بها الواحدة وعشرين دقيقة بعد الظهر (الساعة ١٣ و ٢٠ دقيقة).

الإجابة:

نلاحظ أن الوقت في مدينة دلهي يسبق الوقت في مدينة القاهرة، وهذا يعني أن الشمس قد أشرقت على دلهي أولاً قبل شروقها على القاهرة. كما أنها كانت فوق خط زوال دلهي قبل أن تتعاقد على خط زوال القاهرة. وبذلك فإن مدينة دلهي تقع إلى الشرق من القاهرة.

الفرق في الوقت ٦ - ٣ = ٣ ساعات (أو ١٨ - ١٥) = ٣ ساعات

الفرق في خطوط الزوال بين القاهرة ودلهي = $\frac{٣ \times ٦٠}{٤}$ = ٤٥ طولية.

خط زوال دلهي = ٣١ + ٤٥ = ٧٦ شرقا

وبالنسبة لمدينة مرسيليا نلاحظ أن الوقت فيها يتأخر عن الوقت في مدينة القاهرة، أي أنها تقع إلى الغرب من القاهرة.

الفرق في الوقت ٣ س - ٢٠ ق ١ س = ٤٠ ق، ١ س.

(١٥ س - ٢٠ ق ١٣ س = ٤٠ ق، ١ ساعة (١٠٠ ق)

الفرق في خطوط الزوال بين القاهرة ومرسيليا = $\frac{١٠٠}{٤}$ = ٢٥ طولية

خط زوال مرسيليا = ٣١ - ٢٥ = ٦ شرقاً.

مثال آخر:

تقع مدينة وارسو على خط طول ٢٠ دقيقة شرقاً أوجد توقيت الساعة عند

كل من لشبونة على خط طول ١٠ درجة غرباً وبغداد على خط طول ٤٥ درجة شرقاً إذا كانت الساعة عند وارسو التاسعة صباحاً.

الإجابة:

نلاحظ أن لشبونة تقع غرب وارسو أي أنها تتأخر عن وارسو في توقيت الساعة.

الفرق بين خطوط الزوال = ٢٠ + ١٠ = ٣٠ درجة غربا.

وذلك لأن وارسو تقع على خط زوال ٢٠ شرق جرينتش ولشبونة تقع على خط زوال ١٠ غرب جرينتش.

فيكون الفرق في التوقيت = ٣٠ × ٤ = ١٢٠ دقيقة = ٢ ساعة.

فيكون الوقت عند لشبونة = ٩ - ٢ = ٧ صباحاً.

أما بغداد فنلاحظ أنها تقع إلى الشرق من وارسو أي أنها تسبق وارسو في توقيت الساعة.

الفرق بين خطوط الزوال = ٤٥ - ٢٠ = ٢٥ درجة شرقا.

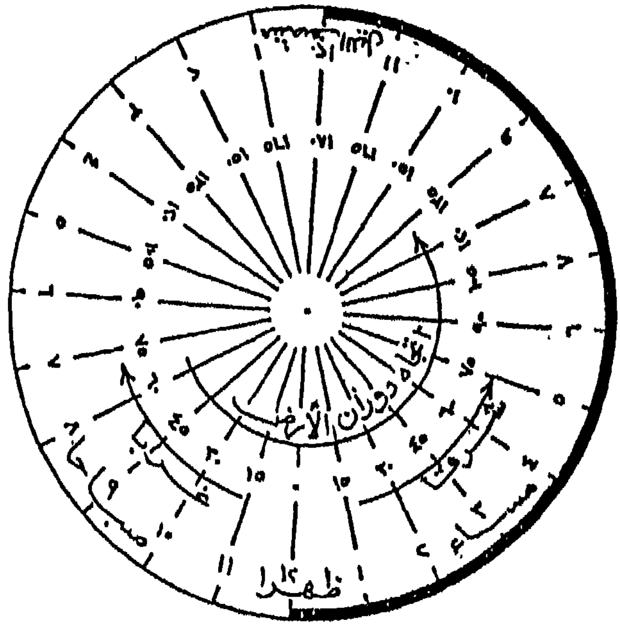
فيكون الفرق في التوقيت = ٢٥ × ٤ = ١٠٠ دقيقة = ٤٠ق ١س.

فيكون الوقت عند لشبونة = ٩ س + ٤٠ ق ١ س = ٤٠ دقيقة ١٠ ساعة صباحاً.

التوقيت الدولي: Standar Time:

نظراً لتحرك الشمس أثناء النهار حركة ظاهرية بمعدل ثابت، فإن التوقيت الشمسي أثناء الليل يكون متساوياً عند جميع الأماكن التي تقع على خط زوال واحد، فمثلاً تكون جميع الأماكن التي تقع على خط زوال جرينتش (أو أي خط زوال آخر) لها نفس التوقيت الشمسي. ويسمى التوقيت عند خط زوال صفر

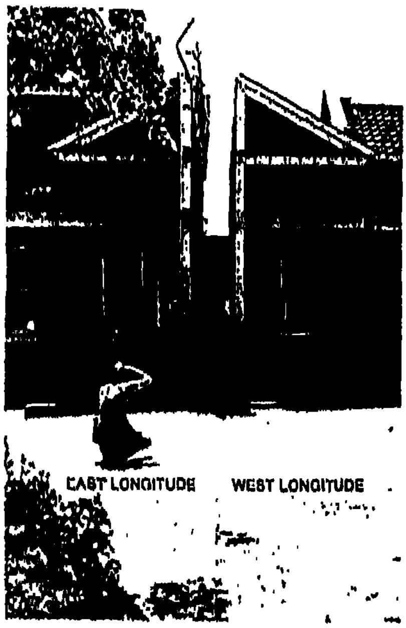
درجة الذي يبدأ منه التوقيت اليومي بتوقيت جرينتش أو التوقيت الدولي أو التوقيت القياسي. وقد اتخذ بداية التوقيت من وقت الزوال (الظهر) عند خط الصفر أي من تمام الساعة الثانية عشر ظهراً ـ ولذلك يعرف هذا الخط بنصف دائرة النهار، بينما في نفس اللحظة تكون الساعة على خط الزوال المقابل (أي خط ١٨٠° درجة) تدق معلنة الساعة الثانية عشرة منتصف الليل. ولذلك يعرف هذا الخط بنصف دائراة الليل (شكل رقم: ٤ ـ ٢).



(شكل رقم: ٤ ـ ٢) خط نصف دائرة الليل وخط نصف دائرة النهار.

وقد اتخذ زمن خط زوال جرينتش (شكل رقم ٥ ـ ٢) زمناً قياسياً تقارن به الأزمنة المحلية لكل موقع على سطح الأرض باعتبار أن الشمس تدور حول الأرض دورة يومية ظاهرية في اتجاه من الشرق إلى الغرب تتم في فترة ٢٤

ساعة. وفي أثناء هذه الدورة تمر الشمس عبر ٣٦٠ درجة طولية أي أنها تقطع مسافة ١٥ درجة طولية كل ساعة أو درجة طولية واحدة كل ٤ دقائق. وبناء على ذلك فإن التوقيت المحلي في المناطق التي تقع غرب جرينتش يكون متأخراً عن توقيت جرينتش، بينما تلك الواقعة شرق جرينتش يكون التوقيت المحلي بها متقدماً عنه.



(شكل رقم: ٥ ـ ٢)
مرصد جرينتش الدولي وتقسيم سطح الأرض الى نصف شرقي والخر غربي.

خط التاريخ الدولي: International Date Line:

قلنا أن خط جرنتش هو خط التوقيت القياسي (أي خط الصفر) وإلى الشرق منه قسمت الكرة الأرضية إلى ١٨٠ خط زوال وهي تعادل ١٢ منطقة زمنية كل منها ١٥ درجة طولية. وبذلك فإن التوقيت على خط زوال ١٨٠ شرقاً يكون متقدما، ١٢ ساعة عن التوقيت الأساسي لجرينتش. وبالمثل فإلى الغرب من خط جرينتش وحيث هناك أيضاً ١٢ منطقة زمنية فإن الوقت على خط زوال ٨٠ درجة غرباً يكون متأخراً ١٢ ساعة عن توقيت جرينتش. ومن ثم أمسى

التطابق بين خطي زوال ١٨٠ شرقاً و ١٨٠ غرباً حقيقة مسلم بها، إلا أن ذلك التطابق ترتب عليه مشكلة وهي أن الأماكن الواقعة على خط ١٨٠ يكون لها توقيتين مختلفين. فمثلا على فرض أن الساعة كانت عند منتصف الليل (أي الساعة صفر أو ٢٤) في جرينتش فهذا يعني أن الساعة ستكون ١٢ ظهراً عند كل من خطي زوال ١٨٠ شرقاً و ١٨٠ غرباً (على الرغم من أنهما خطاً واحداً). وهذا صحيح إلا أن الفرق بينهما هو ١٢ ساعة أي يوم كامل)، بينما إذا كان التوقيت عند جرينتش هو الساعة ١٢ ظهراً فإن التوقيت سيكون على خط ١٨٠ شرقاً هو منتصف الليل، وعند خط ١٨٠ غرباً هو منتصف الليل أيضاً ولكي يكون اليوم واحداً ـ أي نفس اليوم عند جرنتش ـ ولتوضيح ذلك نفترض أن الساعة عند جرينتش كانت تشير إلى الرابعة مساء (١٦٠٠) واليوم هو الأربعاء فتكون الساعة العاشرة مساء عند خط زوال ٩٠ شرقاً، وتكون الساعة عند منتصف الليل على خط زوال ١٢٠ شرقاً وستكون الساعة الثانية بعد منتصف ليل الخميس عند خط زوال ١٥٠ شرقاً والرابعة فجر يوم الخميس عند خط زوال ١٨٠ شرقاً. أما إلى الغرب من جرينتش فيكون الوقت عند خط زوال ٩٠ غرباً عندما يكون الوقت عند جرينتش الرابعة بعد ظهر الأربعاء هو العاشرة من صباح الأربعاء، وتكون الساعة السابعة صباحاً من يوم الأربعاء على خط زوال ١٢٠ غرباً، بينما تكون الساعة السادسة من صباح الأربعاء عند خط زوال ١٥٠ غرباً، وتكون الساعة الرابعة فجر يوم الأربعاء. وهكذا نجد أن خط زوال ١٨٠ شرقاً وغرباً وهما يمثلان خطاً واحداً قد أصبح له تاريخين مختلفين. وبما أنه ليس من المعقول أن يكون لمكان واحد تاريخين مختلفين فقد اتفق على أن يبدأ كل يوم جديد من خط التاريخ الدولي (شكل رقم ٦ـ٢) الذي يتمشى مع خط زوال ١٨٠ شرقاً وغرباً، وإن كان لا ينطبق عليه تماماً بل ينحرف عنه ليتحاشى المرور فوق سطح اليابس ليمر فوق المسطحات المحيطية. وتتمثل المناطق التي ينحرف عنها خط التاريخ الدولي عن خط زوال ١٨٠ شرقاً وغرباً في أربعة مواقع ـ ففي الشمال ينحرف خط التاريخ الدولي إلى ناحية الشرق ليدخل الطرف الشرقي من



(شكل رقم: ٦ ـ ٢) خط التاريخ الدولي.

قارة آسيا ضمن توقيت هذه القارة، ثم ينحرف إلى ناحية الغرب ليدخل جزر الوشيان ضمن توقيت شبه جزيرة الاسكا بأميركا الشمالية. وعند مدار السرطان يتقوس خط التاريخ الدولي تجاه الغرب ليدخل جزر (Midway Islands) ضمن توقيت وتاريخ جزر هاواي التابعة لها. أما فيما بين دائرتي عرض ٣ درجة، ٥١ جنوباً فإنه ينحرف في اتجاه الشرق حتى يتخطى خط زوال ١٨٠ غرباً وذلك ليضم جزر تونجا وجزر اليس وجزر فيجي وجزر شرق نيوزيلند ضمن توقيت وتاريخ نيوزيلند.

ويغير المسافر أو العابر لخط التاريخ الدولي اليوم والتاريخ الذي هو فيه فإذا كان متجهاً من الشرق إلى الغرب يجب تقديم التاريخ يوماً، أما إذا كان متجهاً من الغرب إلى الشرق فيجب تأخير التاريخ يوماً. فمثلاً إذا كان متجهاً من آسيا إلى أميركا الشمالية، أي متجهاً نحو الشرق فعند عبوره لخط التاريخ الدولي

يجب عليه تغيير اسم اليوم إذا كان الأربعاء إلى الثلاثاء كذلك يؤخر التاريخ يوماً من ١٥ مايو إلى ١٤ مايو ـ أما إذا كان عابراً خط التاريخ الدولي من أميركا إلى آسيا أي متجهاً نحو الغرب، فإنه يغير اسم اليوم من الثلاثاء إلى الأربعاء كما يزيد التاريخ يوماً من ١٤ مايو إلى ١٥ مايو وذلك للعلاقة بين خطوط الزوال والوقت وشروق الشمس على خطوط الزوال الشرقية قبل الغربية كما سبق ذكره.

التوقيت المحلي (الرسمي):

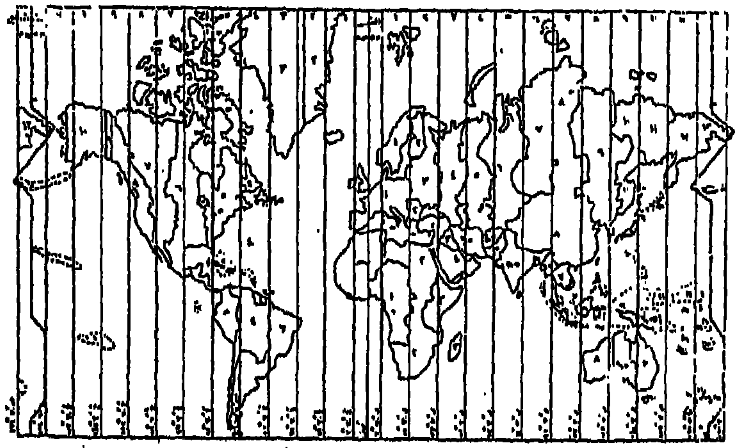
يعد دوران الأرض حول محورها مقياساً طبيعياً لقياس الوقت إذ أن هذا الدوران كما عرفنا ـ يسمح لبعض الأماكن باستقبال ضوء النهار قبل أماكن أخرى التي تكون ما زالت تسدل عليها استار الليل ـ وخلال النهار تظهر الشمس في السماء فوق الأفق الشرقي (الشروق) ثم تتحرك إلى أعلى نقطة في قوس مسارها (الزوال) ثم تهبط في اتجاه نحو الأفق الغربي (الغروب). وتتأثر طوال ظل الأشياء على سطح الأرض باتجاه هذه الحركة الظاهرية للشمس فيتغير طول الظل ليكون أطول في أول النهار باتجاه ناحية الغرب، ثم يأخذ طول الظل في القصر تدريجياً حتى يصبح أقل ما يمكن عند وقت الزوال (الظهر) أي عندما تكون الشمس في أعلى وضع لها في السماء. ثم يأخذ الظل في الطول التدريجي مرة أخرى حتى يصل إلى أقصاه مرة أخرى عند غروب الشمس ويكون اتجاهه نحو الشرق.

وللوقت دور كبير في النشاط اليومي للإنسان، ويقاس الوقت بطرق متعددة يعتمد بعضها على تكرار الظواهر الأرضية، وتعرف هذه الطرق بالساعات الطبيعية أو المزوال (طول ظل الأشياء) التي كانت تستخدم فيما مضى لقياس التوقيت المحلي. كما عرف الإنسان بعد ذلك الساعات الميكانيكية والتي تطورت إلى أنواع أخرى من الساعات الالكترونية.

ونظراً لتقدم سبل المواصلات التي أدت إلى سرعة الانتقال بين الأماكن المختلفة، فليس من المعقول أن يغير الوقت كلما اجتازت وسيلة خطوط زوال أو درجات طولية مختلفة ذلك لأن الوقت، كما عرفنا يختلف في الأماكن

الواقعة على خطوط الزوال المختلفة. فمثلاً وقت الزوال (الظهر) في العريش أسبق منه في بورسعيد، وهو في بورسعيد أسبق منه في الإسكندرية، لذلك فقد اتفق على توحيد الوقت أو المناطق المختلفة على سطح الكرة الأرضية ويسمى بالوقت المحلي أو الرسمي. وهو الوقت الذي تتفق على استعماله دولة ما أو مجموعة من الدول حتى ولو لم يتفق تماماً مع التوقيت الدولي. فمثلاً في مصر تضبط جميع الساعات على ساعة مرصد حلوان رغم الفرق بين الجهات التي تقع في شرق حلوان وغربها، كما أن الوقت في مصر يتفق مع الوقت الإقليمي في السودان في الجنوب وتركيا وموسكو في الشمال.

وقد قسم العالم إلى أقاليم طولية عرض كل منها ١٥ درجة طولية (أي ٦٠ دقيقة أو ساعة كاملة) تعرف بالمناطق الزمنية (World time zones). وتتفق محاور هذه الأقاليم مع خط زوال جرينتش، أي أن المنطقة التي يمثلها توقيت جرينتش ـ وهي المنطقة الزمنية الأولى ـ تمتد فيما بين ٧,٥ درجة طولية شرقا، ٧,٥ درجة طولية غربا. ويسمى توقيت جرينتش بالتوقيت القياسي كما عرفنا. وتلي هذه المنطقة مناطق أخرى يتفق فيها التوقيت الرسمي مع الوقت على خطوط زوال ١٥، ٣٠، ٤٥، ٦٠ درجة شرقاً (أي ساعة، ساعتان، ثلاث ساعات، أربع ساعات.. قبل توقيت جرينتش). ومثل خطوط الزوال للمناطق غرب المنطقة الأولى ويكون توقيتها المحلي متأخراً عن توقيت جرينتش. وتعدل الحدود الشرقية والغربية لهذه الأقاليم فهي لا تتفق مع خطوط الزوال المحددة لها، بل هي حدود متعرجة وتتبع الحدود السياسية للدول (شكل رقم: ٧ ـ ٢). فمثلاً يتخذ خط زوال ٣٠ شرقاً في جمهورية مصر العربية أساساً للتوقيت في المنطقة. ومعنى ذلك أن تكون حدود هذا التوقيت تتفق مع خط زوال ٣٧,٥ درجة شرقاً وخط زوال ٢٢,٥ درجة غرباً. فإذا علمنا أن حدود مصر الغربية تتفق مع درجة الطول ٢٥ شرقاً فهذا يعني أن الجزء الشرقي من جمهورية ليبيا يخضع للتوقيت المصري مما يؤدي إلى اختلاف الوقت في هذا الجزء من ليبيا عن باقي أجزائها لذلك نجد أن هذا الجزء رغم أنه يتبع في وقته



(شكل رقم: ٧ ـ ٢) المناطق الزمنية للعالم.

وقت المنطقة الزمنية التي يتفق محورها مع خط زوال ٣٠ درجة شرقاً أنه نظراً لوجوده ضمن أراضي دولة أخرى تمتد في اتجاه الغرب نجده يتبع توقيت المنطقة الزمنية التي يتفق محورها مع خط زوال ١٥ درجة شرقاً.

اليوم الشمسي: **Solar day**:

يعرف اليوم الشمسي بأنه الفترة الزمنية بين وقت الزوال المحلي ووقت الزوال التالي له. أو بعبارة أخرى يحدد بالفترة بين مرور الشمس على خط زوال معين مرتين متتاليتين. وكما نعرف أن الفترة بين زوالين متتاليين غير ثابتة، وذلك لأن الفترة بين كل عبور لدائرة نصف النهار تتغير على مدار النسة. كما يتأثر التوقيت المحلي بعدم ثبات طول اليوم الشمسي والسبب في ذلك يرجع إلى ميل محور الأرض على مدارها من جهة وإلى الشكل البيضاوي لمدار الأرض حول الشمس من جهة أخرى.

ويحسب اليوم الشمسي المتوسط الذي هو عبارة عن متوسط طول الأيام الشمسية خلال السنة، على أساس مجموع أطوال الأيام الشمسية الذي يقسم على عددها وهو٣٦٥٫ ويقسم اليوم الشمسي المتوسط إلى ٢٤ ساعة، وتقسيم كل ساعة منها إلى ٦٠ دقيقة والدقيقة إلى ٦٠ ثانية. وقد ثبت أن الاختلاف بين اليوم المتوسط المحلي واليوم الشمسي أربع مرات في السنة وهي أيام ١٥ ابريل، ١٥ يونيو، ٣١ أغسطس و ٢٢ ديسمبر.

اليـوم النجمـي:

يعرف اليوم النجمي بأنه عبارة عن الفترة الزمنية التي تفصل بين وقت رصد أحد النجوم الثابتة من أحد الأماكن على سطح الأرض في منتصف ليلة، وعند إعادة رصده في منتصف الليلة التالية لعملية الرصد الأولى سوف لا نجد في مكانه بالأمس أي أنه يكون قد غير مكانه في السماء ويرجع السبب في ذلك إلى أن الأرض تكون قد تحركت خلال ٢٤ ساعة درجة واحدة تقريباً في رحلتها من الغرب إلى الشرق حول الشمس. ومن ثم يظهر النجم إلى غرب موقعة السابق قليلاً متأخراً أربع دقائق تقريباً. وأثناء كل ليلة تالية سيظهر هذا النجم وغيره من النجوم على مسافات أبعد إلى الغرب من مواقعها إلى أن تصل إلى مواقعها الأصلية بعد عام. وبذلك فإن اليوم النجمي يقل عن اليوم الشمسي بنحو ٣ دقائق و ٥٦ ثانية، أي أن: ـ

اليوم الشمسي ـ اليوم النجمي = ٥٦ ثانية ٣ دقيقة أي أن

اليوم النجمي = اليوم الشمسي ـ ٥٦ ثانية ٣ دقيقة = ٤ ثانية ٥٦ دقيقة ٢٣ ساعة.

فمثلاً إذا كان التوقيت الشمسي هو السادسة مساء فإن التوقيت النجمي يكون الرابعة وست وخمسون دقيقة وأربع ثوان.

ولتحديد وقت زوال الشمس أهمية كبيرة عند تحديد درجات العرض على

سطح الكرة الأرضية كما سنعرف فيما بعد. وقد يظن أن وقت الزوال هو الساعة الثانية عشرة ظهراً ولكنه ليس كذلك. وهناك طرق كثيرة لتحديد وقت زوال الشمس بدقة من أهمها: تثبيت شاخص في وضع رأسي تماماً وعند اللحظة التي ينطبق فيها ظل الشاخص على اتجاه الشمال الحقيقي (الجغرافي) تكون هذه اللحظة هي وقت الزوال تماماً، وتكون الشمس عندئذ فوق خط الزوال الذي يمر بهذا الشاخص. وتجدر الإشارة إلى أنه عند تسجيل وقت الزوال على مدار السنة بهذه الطريقة نجد أن وقت الزوال قد يحل أحياناً مبكراً عن الثانية عشرة ببضع دقائق، أو قد يتأخر بضع دقائق أحياناً أخرى. وفي أربعة أيام فقط من أيام السنة تكون الشمس فوق خط زوال الشاخص في تمام الساعة الثانية عشرة ظهراً.

ويعرف الفرق الزمني بين وقت الزوال الحقيقي وبين وقت زوال الشمس الظاهري (أي الساعة ١٢ ظهراً) بمعادلة الوفت. فقد يقال أن الشمس قد أسرعت عندما تكون فوق خط الزوال قبل الثانية عشرة ظهراً، وتصبح إشارة معادلة تصحيح الوقت سالبة، بينما إذا أتت الشمس فوق خط الزوال بعد الثانية عشرة ظهراً فيقال أن الشمس قد أبطأت، وتكون إشارة معادلة تصحيح الوقت موجبة. وقد لوحظ أن الشمس تتعامد على خط الزوال مبكراً في الفترة بين سبتمبر وديسمبر، بينما تتعامد متأخرة في الفترة بين يناير ومارس. وأثناء تلك الفترة فإن قيمة التصحيح في معادلة الوقت تكون ـ ١٤ دقيقة، + ١٦ دقيقة على الترتيب، وبذلك تضاف إلى أو تطرح من الثانية عشرة. كما تبين أن الشمس تسرع مرة أخرى خلال شهر مايو وفيه تكون قيمة التصحيح تساوي ٤ دقائق، كما تتأخر أثناء شهري يوليو وأغسطس وتكون قيمة التصحيح في هذه الحالة ٦,٥ دقيقة.

الأناليما Analima:

الأناليما عبارة عن نموذج بياني يشبه رقم 8 يمكن عن طريقه معرفة قيمة تصحيح الوقت وإشارته الجبرية، أو بمعنى آخر يوضح النموذج العلاقة بين قيمة تصحيح الوقت وعرض تعامد الشمس. وعلى الرسم البياني (شكل رقم ٨ ـ ٢)

نرى أن قيم التصحيح الخاصة بحالة الشمس تقع على يمين ويسار الخط الرأسي الأوسط. فيبين الجانب الأيمن من الرسم حالة الشمس البطيئة (إشارة التصحيح موجبة) أما الجانب الأيسر فيبين حالة الشمس السريعة (إشارة التصحيح سالبة) بينما نرى أن قيم عرض تعامد الشمس تقع أعلى وأسفل الخط الأفقي الأوسط، وهذه القيم تتراوح بين ٢٣,٥ درجة شمالاً و ٢٣,٥ درجة جنوباً. وعندما يتم توصيل نقط التصحيح الموقعة أمام عرض تعامد الشمس لكل يوم من أيام السنة يتكون لدينا نموذج الأناليما. وبسبب اختلاف سرعة دوران الأرض حول الشمس على مختلف مواقع مدارها، تتباين حركة الشمس الظاهرية بالإسراع أو الإبطاء، فمثلاً عندما تكون الأرض في منطقة الحضيض تبطء من حركتها الدورانية حول الشمس وحول نفسها والعكس صحيح عندما تكون الأرض في منطقة الأوج بالنسبة للشمس.

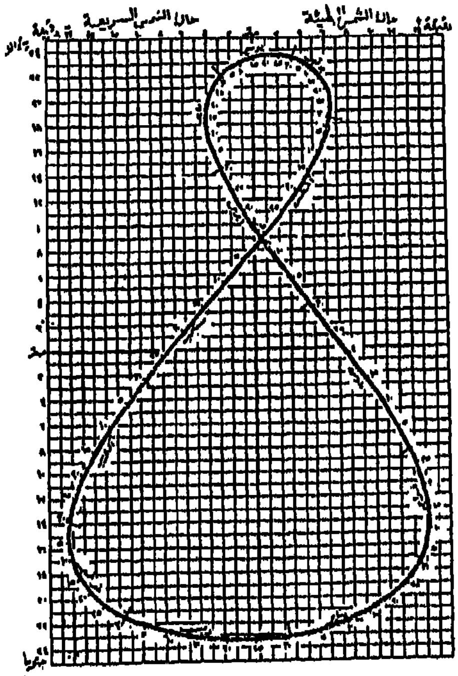
ويستخدم نموذج الأناليما عند حساب الوقت الصحيح لزوال الشمس وذلك بافتراض أن وقت الزوال يكون في الساعة الثانية عشرة ظهراً، ثم بعد ذلك تطرح قيمة التصحيح إذا كانت الشمس سريعة، وتضاف إذا كانت الشمس بطيئة.

مثال:

احسب وقت الزوال الصحيح للشمس يوم ٢٠ اكتوبر في مدينة ما الإحداثي الفلكي لها هو ٠٠″ ١٠′ ٤٧° ش، ٠٠″ ١٥′ ٤٠° ق.

دقيقة ساعة

الإجابة: بما أن وقت الزوال الظاهري ــ ١٢ ظهراً، وقيمة التصحيح لمعادلة الوقت يوم ٢٠ اكتوبر حسب نموذج الأناليما هو (ـ١٥ دقيقة)، وقيمة التصحيح لفرق الطول بين هذه المدينة وخط الزوال الخاص بالتوقيت القياسي للمنطقة الزمنية بين ٣٧,٥ درجة. ٥٢,٥ درجة شرق، وهو خط زوال ٤٥ق (+ ٢ دقيقة) إذن وقت الزوال الصحيح لهذه المدينة يوم ٢٠ اكتوبر ٤٧ دقيقة ١١ ساعة.



(شكل رقم: ٨ ـ ٢) نموذج الأناليما البياني.

دوائر (درجات) العرض Latitudes:

تقسم الكرة الأرضية إلى مجموعة من الدوائر المتوازية تسمى المتوازيات Parallels أو دوائر العرض عددها ١٨٠ دائرة تتوسطها دائرة الاستواء، وهذه الدوائر عبارة عن دوائر صغرى تنتج عن تقاطع مستويات توازي مستوى الاستواء مع سطح الأرض. وتتناقص أنصاف أقطار هذه الدوائر ومحيطاتها ابتداءً من خط الاستواء شمالاً وجنوباً حتى تتحول مجرد نقطة بالقطبين الشمالي والجنوبي. ويلاحظ أن مراكز هذه الدوائر كلها بما فيها دائرة الاستواء أو دائرة العرض الرئيسية، تقع على خط واحد هو محور دوران الأرض. ويتضح من تقسيم الكرة إلى دوائر العرض أن المسافة الزاوية بين دائرتين متتاليتين تساوي درجة واحدة عند مركز الأرض. وعلى الرغم من ذلك يمكن أن يقسم سطح الأرض إلى عدد كبير

من دوائر العرض وبالتالي فإن أي مكان على سطح الأرض لا بد وأن يقع على دائرة عرض محددة، كما أن المسافة بين دوائر العرض تكون متساوية بالرغم من توازي هذه الدوائر، وتبلغ هذه المسافة في المتوسط نحو ١١١ كيلومتر.

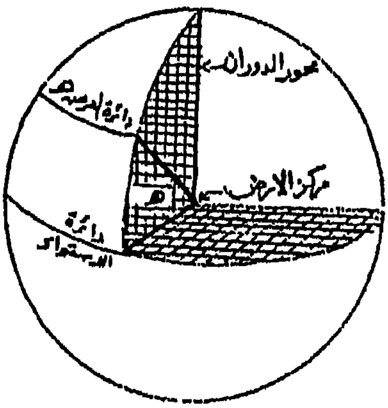
وتسمى الشبكة الناتجة عن تقاطع دوائر العرض مع خطوط الزوال على سطح الكرة الأرضية بنظام الإحداثيات الفلكية أو الإحداثيات الكارتيزية، والتي تستخدم في تحديد المواقع على السطح الأفقي وذلك بالنسبة لبعد المكان عن نقطة الأصل، وفي هذه الشبكة تعتبر دوائر العرض المتوازية بمثابة إحداثية أفقية، بينما تعتبر خطوط الزوال خطوط إحداثية رأسية.

تحديد درجة العرض:

تعرف درجة عرض المكان بأنها الزاوية التي تقع في مستوى خط من خطوط الزوال ويكون رأسها عند مركز الأرض، وبالتالي فإنها تنحصر بين ضلعين الأساسي منها يكون مستوى الاستواء والضلع الآخر يتقابل مع سطح الأرض عند المكان المطلوب تحديد درجة عرضه (شكل رقم ٩ ـ ٢) . ونظراً لأن موقع الأماكن إما أن تكون شمال الاستواء أو جنوبه فإنه يجب ذكر الموقع بالنسبة للاستواء بجوار قيمة زاوية العرض والتي ستتراوح بين صفر، ٩٠ درجة شمالاً وجنوباً.

ويقدر البعد فيما بين دوائر العرض المختلفة وبين دائرة العرض الرئيسية (الاستواء أو درجة الصفر) شمالاً وجنوباً إما بالقياس المباشر حسب وحدات القياس المعروفة (الكيلومتر أو الميل) على سطح الأرض أو يقدر على حسب الدرجات المحصورة فيما بين هذه الدوائر وبين دائرة العرض الرئيسية مقيسة زواياها من مركز الأرض. وهذا يعني أن طول الأقواس المقابلة لزوايا العرض المتساوية تكون متساوية أو بعبارة أخرى أن طول القوس المقابل لزاوية مقدارها ١٥ درجة بالقرب من الاستواء أي بين صفر، ١٥ شمالاً أو جنوباً) يساوي طول القوس المقابل لزاوية مقدارها ١٥ درجة بالقرب من القطب (أي بين ٧٠ ـ ٨٥

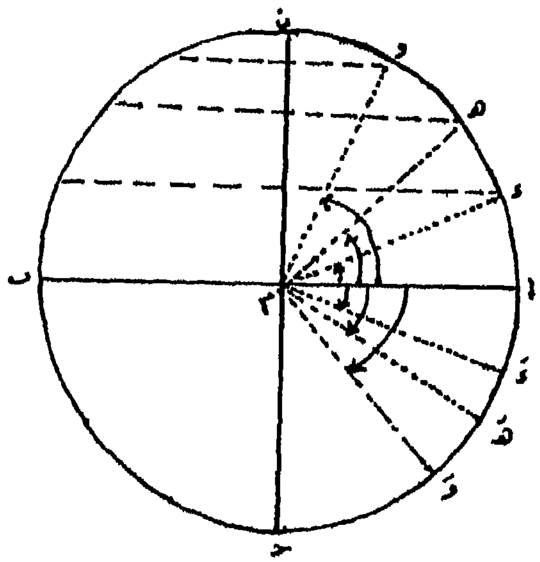
درجة شمالاً أو جنوباً. ولكن نظراً لأن الأرض ليست كرة كاملة الاستدارة بل أنها تشبه القطع الناقع ـ كما ذكرنا سابقاً ـ فإن الأقواس المقابلة للزاويا المتساوية ليست متساوية على سطح الأرض. فمثلاً يكون طول القوس المقابل لدرجات عرض مقدارها خمس درجات بالقرب من القرب (من ٨٠ ـ ٨٥ درجة) يساوي ١١١,٦٦٦ كيلومتر (٦٩,٣٨٦ ميلاً).



(شكل رقم: ٩ ـ ٢) زاوية العرض عند مركز الأرض.

وفي الشكل رقم (١٠ ـ ٢) يمثل الخط أ ب دائرة الاستواء (خط بدء القياس) ونقطة م هي مركز الأرض وتمثل النقط د. هـ.ومواقع معين لها دوائر عرض معينة في نصف الكرة الشمالي، كذلك النقط د، هـ، و، مواقع معينة في نصف الكرة الجنوبي. ففي تقديرنا لأي موقع من هذه المواقع سواء شمالاً أو جنوباً نقول أن درجة العرض لهذا المكان عبارة عن الزاوية بينه وبين خط الاستواء مقيسة من مركز الأرض. فدرجة عرض المكان عبارة عن الزاوية أ م د وهي تقع شمالاً، والموقع هـ عبارة عن الزاوية أ م هـ جنوباً، وهكذا لأي موقع سواء في نصف الكرة الشمالي أو الجنوبي. ولقياس هذه الزاوية نستعين ببعض الظواهر الخارجية التي يمكن أن تحدد لنا زاوية مساوية لها. وتتمثل هذه

الظواهر التي تساعدنا على ذلك في:



(شكل رقم: ١٠ ـ ٢) تحديد درجة عرض المكان.

١ ـ النجم القطبي أثناء الليل (ميل النجم القطبي عن خط الأفق يساوي زاوية العرض).

٢ ـ الشمس أثناء النهار (ميل الشمس عن تسامت الراصد وقت الزوال يساوي زاوية العرض).

(أ) في حالة تعامدها على دائرة الاستواء.

(ب) في حالة تعامدها على مدار السرطان.

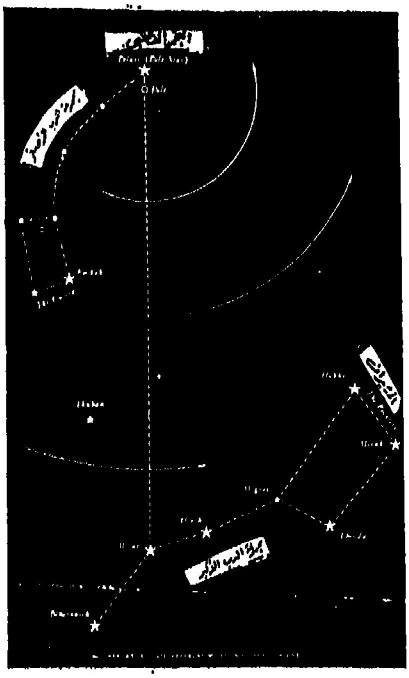
(ج) في حالة تعامدها على مدار الجدي.

١ ـ تحديد درجة العرض بمساعدة النجم القطبي:

يُمكن تحديد درجة عرض المكان ليلاً بالاستعانة بالنجم القطبي الذي

يظهر في سماء النصف الشمالي كأحد نجوم الدرجة الثانية من حيث قوة ودرجة بريقه. ولتعيين موقع النجم القطبي ليلاً نلاحظ أنه يقع في نهاية مجموعة من النجوم عددها سبعة نجوم تسمى مجموعة الدرب الأصغر. وإن كان النجم القطبي من نجوم الدرجة الثانية إلا أنه لا توجد بجانبه أية نجوم أخرى من نجوم الدرجة الأولى. ويساعدنا على تحديد وتعيين موقع النجم القطبي وبالتالي مجموعة الدب الأصغر مجموعة أخرى من النجوم يطلق عليها اسم مجموعة الدب الأكبر Ursa majour، وهي عبارة عن سبعة نجوم تتخذ شكل المغرفة المقلوبة يشير النجمان أ، ب فيها إلى موقع النجم القطبي، لذلك يسمى هذان النجمان بالمشيرين لأن الاتجاه على امتدادهما يشير أو يصل إلى النجم القطبي (شكل رقم ١١ ـ ٢) وهنا مجموعة أخرى من النجوم تقابل مجموعة الدب الأكبر من الجانب الآخر يطلق عليها اسم مجموعة (كاسيوبيا) أو مجموعة (ذات الكرسي Cassiopia) وهي تتكون من خمسة نجوم تأخذ شكل حرف W والزاويا بين أضلاعها غير متساوية ـ ونظراً لقربها من النجم القطبي فيستعان بها في تحديد موقعه، إذ يشير المنصف للزاوية الكبرى إلى النجم القطبي وذلك في حالة ما إذا كانت مجموعة الدب الأكبر في وضع يقع تحت الأفق بالنسبة لمكان الراصد. ومن المعروف أن النجم القطبي يتحرك في مدار يتمثل في دائرة صغيرة جداً مركزها نقطة تسامت القطب الشمالي (الجغرافي) للأرض، وينتج عن هذه الحركة خطأ طفيف جداً يمكن إهماله عند الاستعانة به في قياس درجة العرض.

وتحدد درجة عرض المكان بالاستعانة بالنجم القطبي ليلاً على أساس أنها تساوي زاوية ارتفاع النجم القطبي عن خط الأفق باستخدام أحد أجهزة قياس الزاويا الرأسية والشكل رقم (١٢ ـ ٢) يوضح ذلك، والذي فيه أ ب يمثل خط الاستواء، م هي مركز الأرض، س ص تمثل خط الأفق عند كل موقع من خط الاستواء إلى القطب أي عند أ، حـ، د ونقطة ن′، ن″، ن تمثل مكان النجم القطبي، والأشعة الساقطة منه على أساس أنها متوازية لبعد النجم عن



(شكل رقم: ١١ ـ ٢) تعيين موقع النجم القطبـي بالنسبة لمجموعة نجوم الدب الأصغر والدب الأكبر.

سطح الأرض. فنلاحظ عند (أ) أن النجم القطبـي ينطبق تماماً على خط الأفق ولا يضيع معه أي زاوية، فتكون زاوية ارتفاعه في هذه الحالة تساوي صفر، وهي فعلاً درجة عرض هذا الموقع. أما عند (حـ) فنلاحظ أن الأشعة والساقطة من النجم القطبـي قد ارتفعت عن خط الأفق س ص بزاوية معينة هي (ص ج ن) وهذه الزاوية تساوي درجة عرض المكان (حـ) لأنها تساوي الزاوية (حـ م أ) وكل منهما متممة لزاويا متساوية إذ أن الزاوية (ن حـ حـ) تساوي الزاوية (د محـ) بالتناظر.

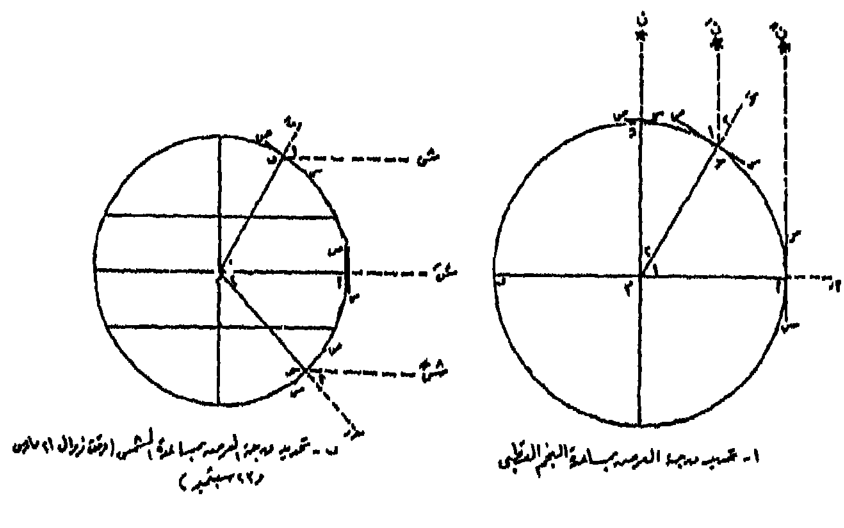
وإذا انتقلنا إلى القطب (د) نلاحظ أن الشعاع الساقط من النجم القطبـي إلى سطح الأرض قد ارتفع عن خط الأفق بمقدار ٩٠ درجة إذ أنه مسامت تماماً

لموقع الراصد، وهي فعلاً درجة عرض المكان. من كل هذا نرى أننا إذا تمكنا من تقدير درجة ارتفاع النجم القطبي عند خط الأفق في أي موقع في نصف الكرة الشمالي كانت هذه الزاوية مساوية لدرجة عرض المكان المطلوب.

٢ ـ تحديد درجة العرض بمساعدة الشمس:

(أ) في حالة تعامد الشمس على دائرة الاستواء (وقت زوال ٢١ مارس ٢٣ سبتمبر):

تقاس درجة عرض المكان في هذه الحالة بأحد أجهزة قياس الزاويا الرأسية التي تقيس زاوية ارتفاع الشمس عند خط الأفق. وتحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد تساوي ٩٠ درجة لتساوي زاوية ارتفاع الشمس عن خط الأفق وفي هذه الحالة نجد أن زاوية انحراف الشمس عن السمت تساوي زاوية (درجة) عرض المكان. ففي الشكل رقم (١٢ ـ ٢) تمثل نقطة (م) من الأرض والخط (أ م) يمثل دائرة الاستواء، (ب) هي موقع مكان في نصف الكرة



(شكل رقم: ١٢ ـ ٢) طرق تحديد درجة العرض بمساعدة النجم القطبي والشمس.

الشمالي، (حـ) هي موقع آخر في نصف الكرة الجنوبي، والخط (س ص) يمثل خط الأفق بالنسبة للمواقع أ، ب، حـ والنقطة ب، حـ تمثل سمت الرصد في كل من ب، حـ أما النقط ش′، ش″، ش تمثل الأشعة الساقطة من الشمس على سطح الكرة الأرضية وهي أشعة متوازية.

وبالنسبة للموقع (ب) نلاحظ أن ميل الأشعة عن سمت الراصد في وقت الزوال في هذه الفترة الزمنية أي فترة التعامد على دائرة الاستواء وقت زوال(يومي ٢١ مارس، ٢٣ سبتمبر) يصنع زاوية تسمى زاوية الميل وهي ب ب ش والتي تساوي درجة عرض المكان (ب) لأنها تساوي الزاوية (أ م ب) عند مركز الأرض بالتناظر. وبنفس الطريقة نلاحظ أن ميل الشمس عن سمت الراصد جنوباً بالنسبة للموقع (حـ) يساوي درجة عرض هذا المكان في نصف الكرة الجنوبي.

(ب) في حالة تعامد الشمس على مدار السرطان (وقت زوال ٢١ يونيو):

تقاس درجة عرض المكان أيضاً بأحد أجهزة قياس الزوايا الرأسية والتي يمكن الاستعانة بها في قياس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الأفق. ويتوقف هذا القياس على موقع المكان على سطح الأرض بالنسبة لمدار السرطان ـ ففي حالة إذا كان موقع المكان بين مدار السرطان ودائرة الاستواء فإن درجة عرض المكان تساوي زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد بعد إضافتها إلى المقدار ٢٣,٥ درجة. بينما إذا كان موقع المكان في نصف الكرة الجنوبي فإن زاوية عرض المكان تساوي زاوية انحراف الشمس عند سمت الراصد بعد أن يطرح منها المقدار ٢٣,٥ درجة. والشكل رقم (١٣ ـ ٢) يوضح ذلك، وفيه تكون أشعة الشمس متعامدة على مدار السرطان الممثل بنقطة (د) والموقعان ل، ب يقعان على سطح الأرض، الأول بين مدار السرطان ودائرة الاستواء، والثاني وراء مدار السرطان والمكان الثالث يقع في نصف الكرة الجنوبي.

فبالنسبة للمكان (ل) نلاحظ أن الزاوية ل′ ل ش زاوية ميل أشعة الشمس

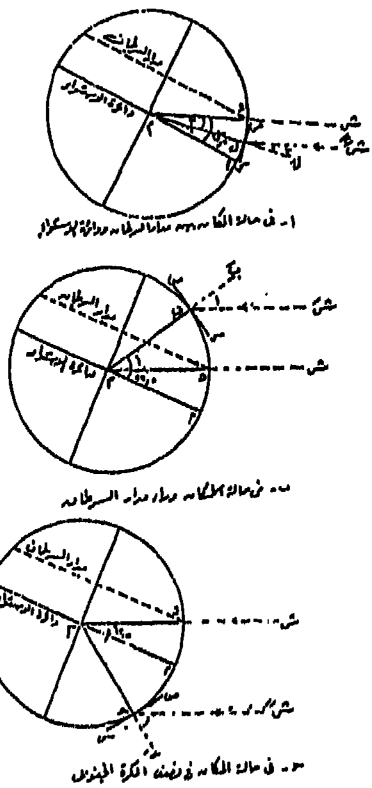
أو انحراف الشمس عن سمت الراصد تساوي الزاوية ل م د. ولكن هذه الزاوية لا تساوي درجة عرض المكان (ل) الحقيقة وهي ل م أ. وبما أن الزاوية أ م د هي زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد عن وقت زوال ٢١ يونيو والتي تساوي ٢٣,٥ درجة فإن:

أ م ل (درجة عرض المكان) = أ م د - ل م د

(وهي تساوي زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد ل ل ش)

وحيث إن الزاوية أ م د = ٢٣,٥ درجة فإن

الزاوية أ م ل (درجة عرض المكان) = ٢٣,٥ - زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد.



(شكل رقم: ١٣ ـ ٢) تحديد درجة عرض المكان بمساعدة الشمس وقت زوال يوم ٢١ يونيو.

أما بالنسبة للمكان (ب) فإننا نلاحظ أن زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد هي الزاوية ب′ ب ش′ وهي مستوى الزاوية ب م د بالتناظر ـ ولكن هذه الزاوية لا تساوي درجة عرض المكان (ب)، إذ أنها تقل عنها بمقدار الزاوية أ م د التي تساوي ٢٣,٥ درجة (أي بعد مدار السرطان عن دائرة الاستواء) أو بمعنى آخر مقدار ميل محور الأرض نحو الشمس في الشمال وعلى هذا فالزاوية المقيسة والتي تساوي ميل الشمس عن سمت الراصد يضاف إليها ٢٣,٥ درجة لنحصل على درجة عرض المكان.

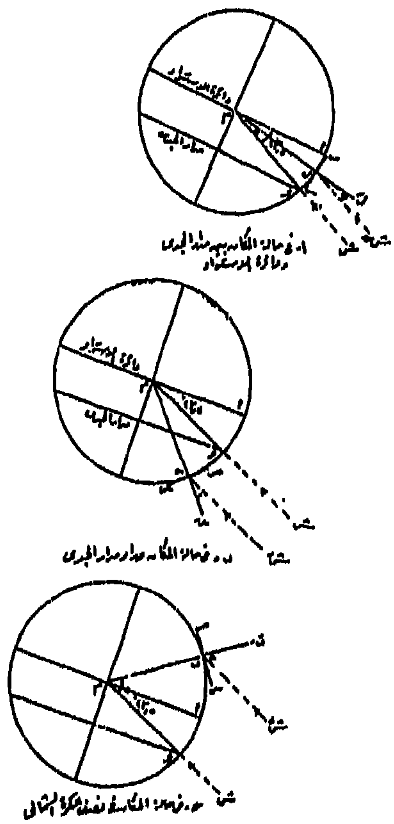
أما في نصف الكرة الجنوبي فنلاحظ عكس ذلك. فالزاوية المقيسة عند المكان (حـ) لميل الشمس عن سمت الراصد وهي و حـ ش تساوي الزاوية حـ م د بالتناظر. والزاوية الأخيرة تزيد عن درجة عرض المكان (حـ) في النصف الجنوبي للكرة الأرضية بمقدار الزاوية أ م د والتي تساوي ٢٣,٥ درجة (بعد مدار السرطان عن دائرة الاستواء) ولذلك فإن زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد يجب أن يطرح منها ٢٣,٥ درجة لنحصل على درجة عرض المكان (حـ).

(ج) في حالة تعامد الشمس على مدار الجدي (وقت زوال ٢١ ديسمبر):

تقاس زاوية ارتفاع الشمس في وقت زوال ٢١ ديسمبر بأحد أجهزة قياس الزاويا الرأسية وتحسب فيها زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد. فإذا كان الراصد في نصف الكرة الشمالي فيجب أن تطرح من زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد مقدار زاوية عرض مدار الجدي أي ٢٣,٥ درجة فيكون الناتج هو درجة عرض المكان أما إذا كان الراصد في نصف الكرة الجنوبي في موقع بين دائرة الاستواء ومدار الجدي فإن درجة عرض المكان الذي يقف فيه الراصد تساوي زاوية عرض مدار الجدي (٢٣,٥) مطروحاً منها مقدار زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد. أما إذا كان الراصد في نصف الكرة الجنوبي وراء مدار الجدي فإن درجة عرض المكان الذي يقف فيه تساوي زاوية انحراف

الشمس عن سمت الراصد مضافاً إليها مقدار زاوية عرض مدار الجدي التي تساوي ٢٣,٥ درجة.

ففي الشكل رقم (١٤ ـ ٢) نجد أن زاوية ميل الشمس عن سمت الراصد بالنسبة للمكان (ب) في نصف الكرة الشمالي هي ب′ ب ش′ وهي تساوي الزاوية ب م و بالتناظر. ولكن هذه الزاوية لا تساوي درجة عرض المكان (ب) إذ أن درجة عرض المكان (ب) تساوي الزاوية أ م ب فقط، أي زاوية انحراف



(شكل رقم: ١٤ ـ ٢)

تحديد درجة عرض المكان بمساعدة الشمس وقت زوال يوم ٢١ ديسمبر.

الشمس عن سمت الراصد تزيد في هذه الحالة عن زاوية عرض المكان بمقدار الزاوية أ م و (زاوية عرض مدار الجدي) التي تساوي ٢٣,٥ درجة وهي التي تمثل ميل محور الأرض عن تعامد الشمس وقت زوال يوم ٢١ ديسمبر. أما بالنسبة لمكان (ل) في نصف الكرة الجنوبي فيما بين دائرة الاستواء ومدار الجدي فإن زاوية ميل الشمس عن سمت الراصد تساوي الزاوية ل′ ل ش″ وهي تساوي الزاوية ل م و بالتناظر. ولكن الزاوية الأخيرة لا تساوي زاوية عرض المكان (ل) وهي زاوية أ م ل. ويمكن الحصول على درجة عرض المكان (ل) وذلك إذا قمنا بطرح زاوية ميل الشمس عن سمت الراصد في (ل) من زاوية عرض مدار الجدي وهي ٢٣,٥ درجة، أي أن زاوية أ م ل = ٢٣,٥ - ل م و (التي تناظر زاوية ميل الشمس عن سمت الراصد ل′ ل ش″).

أما عند المكان (حـ) وهو الذي يقع في نصف الكرة الجنوبي وراء مدار الجدي فإننا نلاحظ أن زاوية ميل الشمس عن سمت الراصد حـ′ حـ ش″ تساوي زاوية حـ م و التي تقل عن درجة عرض المكان (حـ) الذي تمثله الزاوية حـ م أ بمقدار الزاوية أ م و والتي تساوي ٢٣,٥ درجة (درجة عرض مدار الجدي) وعلى هذا فيضاف إلى زاوية ميل الشمس عن سمت الراصد مقدار (درجة عرض مدار الجدي) ٢٣,٥ درجة لنحصل على درجة عرض المكان (حـ) في نصف الكرة الجنوبي.

أجهزة قياس زوايا ارتفاع الشمس والنجم القطبي:

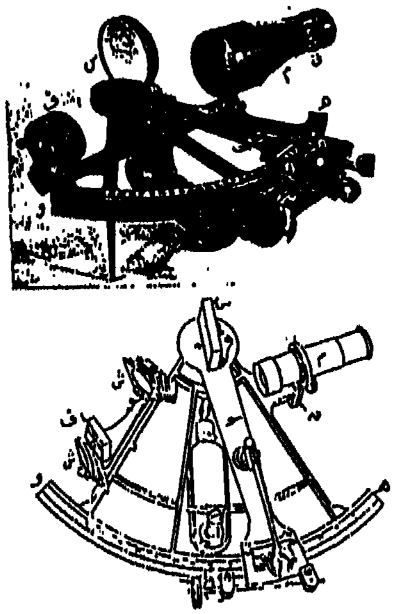
قلنا آنفاً أنه يمكن تقدير درجة العرض بطريق القياس المباشر، أما بالنسبة لقياس زوايا ارتفاع النجم القطبي ليلاً أو زوايا ارتفاع الشمس نهاراً بالنسبة لمكان الراصد على سطح الأرض فإننا نستعين ببعض الأجهزة المساحية التي تستخدم في هذا الشأن. فعلى اليابس تقاس هذه الزوايا إما بجهاز التيوذوليت، وذلك لتقديرها بدقة كبيرة تصل إلى أجزاء من الدقيقة الواحدة أو بواسطة جهاز

الكلينوميتر المنشوري أو بجهاز التليتوب وكلاهما محدود في قدرته ودقته إذ لا تزيد دقة القياس بهما عن نصف دقيقة أما على البحر فتقاس هذه الزوايا إما بالكلينوميتر المنشوري أيضاً ولكنه يحتاجه إلى مهارة ودقة كبيرة أثناء إجراء عملية الرصد لزيادة ذبذبة وتحرك القرص الرأسي له نتيجة تحرك الراصد بحركة السفينة. وبالطبع لا يمكن استخدام التيودوليت على سطح السفينة غير الثابت. ولهذا يستخدم جهاز خاص في هذا الغرض وهو ما يطلق عليه اسم آلة السدس أو السكستان البحري Sextan، والمقصود في هذه الحالة أن الجهاز مبني على أساس قوس من دائرة يساوي سدسها أي يساوي ٦٠ درجة وبه يمكن رؤية اتجاهين يحصران زاوية في آن واحد.

ويتركب جهاز السكستان في أبسط صورة من قوس دائرة (هـ و) مدرج يقابله زاوية مقدارها ٦٠ درجة (شكل رقم ١٥ ـ ٢) وقد كتبت قيمة هذه الدرجات على حسب أضعافها ولذلك فإن القوس مقسم من صفر إلى ١٢٠، بينما هو في الحقيقة يقابل زاوية مقدارها ٦٠ درجة فقط ويتصل القوس اتصالاً معدنياً بإطار من النحاس له يد خشبية لحمل الجهاز عند الاستخدام. ويدور حول مركز القوس الذراع (حـ) والذي ينتهي بورنية تتحرك بمحاذاة تقسيم القوس لتعيين أجزاء من الدقيقة الواحدة من الدقائق التي قسم إليها القوس. ويثبت في الاتجاه العمودي على مستوى القوس مرآتان س، ف تعرف الأولى بمرآة الاستدلال (س) وهي مثبتة عند نهاية الذراع (حـ) بالقرب من مركز القوس، أما المرآة الثانية فتعرف بمرآة الأفق نصفها مفضض والنصف الآخر شفاف. وتكون المرآتان متوازيتان عند انطباق صفر الورنية على صفر تقسيم القوس الدائري. ويثبت بالإطار من جهة بداية تقسيم القوس الدائري قائم معدني يمكن رفعه أو خفضه به منظار (م) لرصد الأهداف البعيدة خلال النصف الشفاف من مرآة الأفق (ف). ويلاحظ أن مكان وجود المنظار وهذه المرآة العاكسة ومركز الجهاز تصنع مثلثاً متساوي الزوايا كل زاوية من زواياه تساوي ٦٠ درجة. وبالإضافة إلى هذه المكونات الرئيسية للجهاز هناك شرائح زجاجية

ملونة (س) تقلل من حدة ضوء أشعة الشمس أثناء الرصد بالإضافة إلى مسمارين للحركة البطيئة للورنية على الزراع (حـ).

وتقوم نظرية السكستان على أساس أنه إذا مر شعاع من الضوء في مستوى متعامد على مستوى مرآتين ثم ارتد من المرآة الأولى إلى المرآة الثانية، فإن الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس تساوي ضعف الزاوية



(شكل رقم: ١٥ ـ ٢) جهاز السكستان والأجزاء التي يتركب منها.

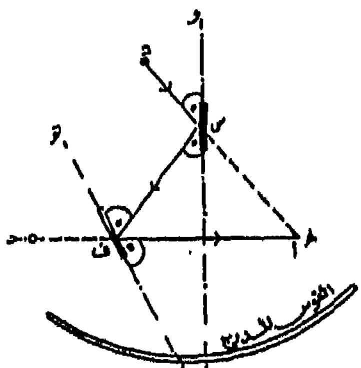
بين المرآتين (شكل رقم ١٥ ـ ٢) . فإذا فرض أن الراصد ينظر في الاتجاه أ ف حـ إلى الجسم (حـ) من خلال النصف الشفاف في المرآة (ف)، فإنه سوف يرى صورة الجسم منعكسة من المرآة (س) ومنطبقة على الجسم (حـ) وعين الراصد في هذه الحالة تكون هي رأس الزاوية د أ ج وهي ضعف الزاوية س ص ف أي الزاوية المحصورة بين المرآتين س ف. وتبعاً لذلك ولتسهيل

قراءة الزوايا بالجهاز فقد قسم القوس الدائري (هـ و) إلى أنصاف درجات تم ترقيمها كدرجات كاملة وعلى ذلك فالقوس مقداره الحقيقي ٦٠ درجة قد قسم إلى ١٢٠ قسم كل قسم منها اعتبر كدرجة كاملة.

وعند العمل بالجهاز نجري الآتي:

١ ـ نبدأ بتحريك المرآة المركزية (مرآة الاستدلال) بمساعدة الذراع الذي ينتهي بالورنية إلى أن ينطبق صفر الورنية على صفر تدريج القوس.

٢ ـ ننظر من خلال المنظار (شكل رقم ١٦ ـ ٢) نحو المرآة الأخرى ومن خلال الجزء الشفاف فيها نثبت شعاع على خط الأفق في حالة تقدير الزوايا الرأسية فنلاحظ أن هناك صورة أخرى للأفق قد انعكست من خلال المرآة (س) إلى المرآة (ف) إلى عين الراصد لتكمل صورة الأفق التي أمكن رؤيتها مباشرة من خلال المنظار.





(شكل رقم: ١٦ ـ ٢) نظرية السكستان وطريقة العمل به.

٣ ـ إذا حركنا المرآة المركزية بمساعدة الذراع (حـ) ونحافظ على الوضع السابق بحيث يكون الشعاع الساقط من عين الراصد موجه نحو الأفق، وعندئذٍ نلاحظ أن صورة الأفق قد اختفت بهذه الحركة وتظهر صورة ظاهرات جديدة تستمر حتى تظهر صورة النجم القطبي في نفس مستوى صورة الأفق.

٤ ـ تقرأ الدرجة على القوس بمساعدة الورنية فتحدد مقدار ارتفاع النجم القطبي عند خط الأفق وبالتالي نحدد خط عرض المكان.

ويمكن استخدام جهاز السكستان على اليابس ولو أنه يصعب تحديد خط الأفق الطبيعي. ولهذا يستعاض عنه بما يعرف بالأفق الصناعي. والأفق الصناعي عبارة عن سطح عاكس قد يكون سائلاً (غالباً من الزئبق) أو صلباً كمرآة مستوية يوضع في وضع أفقي تماماً. ويتم قياس الزاوية عن خط الأفق برصد الصورة المباشرة للنجم والصورة المنعكسة من خلال الأفق الصناعي مع ملاحظة أن هذه الزاوية تساوي ضعف زاوية ارتفاع هذا النجم عن خط الأفق.

وبنفس الطريقة يمكن تقدير زاوية ارتفاع الشمس عن خط الأفق وطرحها من ٩٠ فنحصل على درجة ميل الشمس عن سمت الراصد، وبالتالي يمكن عن طريقها تحديد درجة عرض المكان.

حساب طول محيط دوائر العرض وسرعة دورانها:

يتم حساب طول محيط أي دائرة عرضية عن طريق معرفة بعد دائرة العرض التي تمر المكان (أ) و (ب) والتي تبعد عن مركز الأرض بزاوية معلومة مقدارها (هـ) وأن المكان (أ) يبعد عن مركز الأرض بمسافة مقدارها يساوي نصف قطر الكرة الأرضية وهو يساوي ٦٣٧٨ كيلومتر، وبالتالي يتكون لدينا المثلث أ ب حـ فيه (أ حـ) يساوي نصف قطر الكرة الأرضية، والزاوية (أ حـ ب) تساوي ٥٠ درجة (دائرة) العرض المطلوبة معرفة طول محيطها، أ ب هو نصف قطر دائرة العرض المطلوب:

$$\text{حا}\,(٩٠ - \text{د}) = \frac{\text{أ ب}}{\text{أ حـ}}$$

أ ب = أ حـ × جا (٩٠ – د)

أي أن نصف قطر أي دائرة عرض والذي تمثله المسافة بين المكانين أ، ب يساوي نصف قطر الكرة الأرضية عند خط الاستواء مضروباً في جيب الزاوية ٩٠ بعد أن تطرح منها درجة عرض المكان، وبالتالي فإن محيط دائرة العرض التي تمر بالمكانين أ ب يكون هو:

محط دائرة العرض = ٢ ط نق × جا (٩٠ – درجة العرض المطلوبة) أي أن

$$= ٢ \times \frac{٢٢}{٧} \times ٦٣٧٨ \times \text{جا}\,(٩٠ - \text{درجة العرض المطلوبة})$$

= ٤٠٠٩٠,٣ × جا (٩٠ – درجة العرض المطلوبة)

ولتحديد سرعة دوران أي موقع على سطح الكرة الأرضية فإن ذلك يكون عن طريق حساب محيط الدائرة العرضية التي يقع عليها هذا الموقع أولاً ثم قسْمة محيط الدائرة العرضية على ٢٤ ساعة فنحصل على سرعة دوران هذا الموقع بالكيلومتر في الساعة.

مثال: أوجد سرعة دوران مدينة الإسكندرية إذا علمت أنها تقع على دائرة عرض ٣١ درجة و ١٢ دقيقة شمالاً.

الإجابة:

١ ـ نصف قطر دائرة العرض ٣١ درجة، ١٢ دقيقة

= ٦٣٧٨ × جا (٩٠ – ١٢′ ٣١°)

= ٦٣٧٨ × جا ٤٨′ ٥٨°

= ٦٣٧٨ × ٨٥٥٤,

٢ ـ محيط دائرة العرض ٣١ درجة، ١٢ دقيقة =

$$= ٢ \times \frac{٢٢}{٧} \times ٥٤٥٥,٧$$

= ٣٤٢٩٢,٩٧ كيلومتر

ويمكن اختصار الخطوتين السابقتين باستخدام المعادلة الآتية:

١ ـ محيط دائرة العرض ٣١ درجة، ١٢ دقيقة

= ٤٠٠٩٠,٣ × جا (٩٠° - ١٢′ ٣١°)

= ٤٠٠٩٠,٣ × ٠,٨٥٥٤

= ٣٤٢٩٣,٢٤ كيلومتر

ويلاحظ أن هناك فرق بين الطريقتين قدره ٠,٢٧ كيلومتر وهو فرق ضئيل جداً يمكن إهماله.

إذن سرعة دوران مدينة الإسكندرية = ٣٤٢٩٣ ÷ ٢٤ = ١٤٢٨,٨٧ كيلومتر في الساعة.

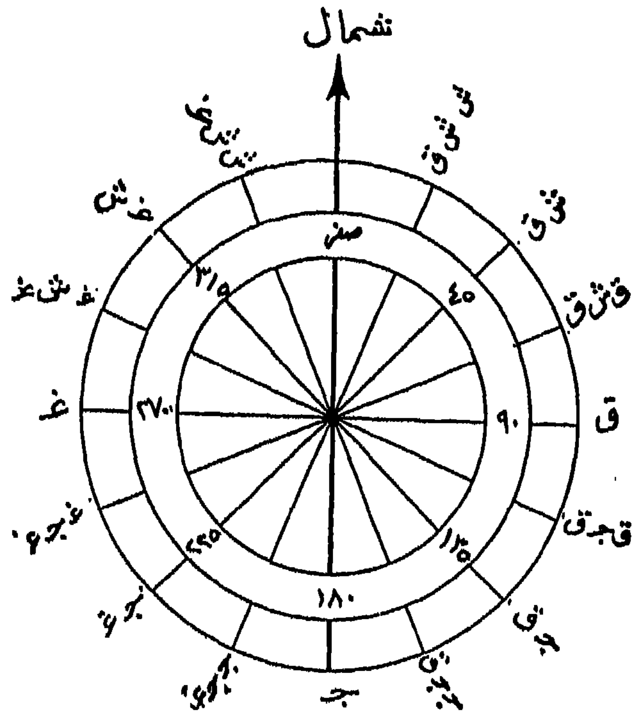
الفصـل الثالـث
الاتجاهات والتباعد وتحديد المواقع على سطح الأرض

تعيين الاتجاهات على سطح الأرض:

من المعروف أن الاتجاهات الرئيسية أو الأصلية على سطح الأرض أربعة هي الشمال والجنوب والشرق والغرب وإذا ما عرفنا إحداها يمكن تعيين بقيتها. فمثلاً لو تعرفنا على اتجاه الشمال وولينا وجهنا شطره سيقع الشرق جهتنا اليمنى بينما سيقع الغرب على جهتنا اليسرى، وإلى الخلف منا سيقع بالطبع الجنوب والفرق بين كل اتجاه وآخر هو ٩٠ درجة وهناك اتجاهات فرعية تقع بين الاتجاهات الأصلية الأرضية الفرق بين كل منها يساوي ٥ ,٢٢ درجة (شكل رقم: ١ ـ ٣).

ولكل مكان على سطح الأرض اتجاه خاص به وهو اتجاه المكان بالنسبة إلى الشمال الجغرافي الذي هو عبارة عن خط الزوال الذي يمر بالمكان على سطح الأرض والذي يشير إلى القطب الشمالي. وبالتالي فإن امتداد خط الزوال نحو الجنوب الجغرافي يكون هو اتجاه الجنوب الجغرافي لهذا المكان، ويكون اتجاهي الشرق والغرب الجغرافيين متعامدين على اتجاهي الشمال والجنوب الجغرافيين لهذا المكان.

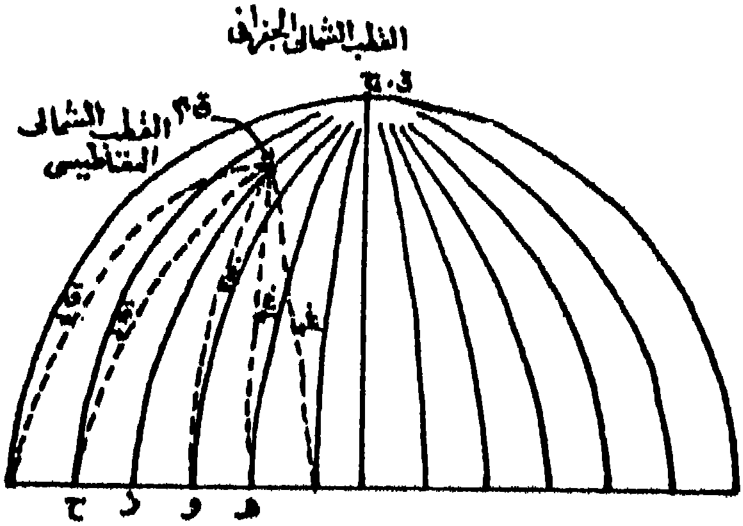
وقبل أن نتعرف على كيفية تعيين اتجاه الشمال لأي موقع على سطح الأرض يجب أولاً أن نلقي الضوء على مفهوم الشمال الجغرافي أو الحقيقي Geographic or True North ومفهوم الشمال المغناطيسي Magnatic North. فكما عرفنا أن الشمال الجغرافي هو عبارة عن الطرف الشمالي لمحور الكرة



(شكل رقم: ١ ـ ٣) الجهات الأصلية والفرعية.

الأرضية وهو بذلك يمثل نقطة ثابتة عرضها ٩٠ درجة شمالاً. وبذلك فإن الخط الواصل بين أي موقع على سطح الأرض وبين نقطة القطب الشمالي يعين اتجاه الشمالي الجغرافي أو الحقيقي. أما الشمال المغناطيسي فهو الاتجاه الذي تنحذب نحو الإبرة المغناطيسية في البوصلة إذا لم تقع تحت تأثير أية قوى مغناطيسية محلية أخرى. ويقع القطب الشمالي المغناطيسي في مكان تقاطع دائرة عرض ٧٠ درجة وخمس دقائق شمالاً مع درجة طول ٩٦ درجة و ١٣ دقيقة غرباً ويوجد هذا المكان داخل يابس شبه جزيرة بوثيا Boothia في شمال كندا. والخط الواصل بين أي مكان على سطح الأرض وبين القطب الشمالي المغناطيسي يبين اتجاه الشمال المغناطيسي. وتجدر الإشارة هنا إلى أن موقع

القطب الشمالي المغناطيسي يتغير ببطء شديد نتيجة دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس وبسبب تغير الجاذبية المغناطيسية للكرة الأرضية. لذلك نجد أنه بالنسبة لبعض الأماكن لا ينطبق اتجاه الشمال المغناطيسي على اتجاه الشمال الجغرافي الحقيقي وتسمى الزاوية المحصورة بين هذين الاتجاهين زاوية الاختلاف المغناطيسي. وهذه الزاوية قد تكون شرق الشمال الجغرافي أو غربه، كما أنه تختلف من مكان لآخر على سطح الأرض ومن وقت لآخر (شكل رقم ٢ ـ ٣) ومن هنا فإنه في بعض الأحيان نجد أن بعض الخرائط تذكر عليها قيمة زاوية الاختلاف المغناطيسي وتاريخ تسجيلها خاصة على الخرائط الطبوغرافية. وعند إجراء عملية مساحية لإحدى المناطق التي يراد رسم خريطة لها يمكن الاستدلال على زاوية الاختلاف المغناطيسي عن طريق استخدام جداول خاصة أعدت لهذا الغرض موضح فيها مقدار زاوية الاختلاف أو الانحراف المغناطيسي بالنسبة للشمال الجغرافي لعدد من السنين ولكل موقع على سطح الأرض.



(شكل رقم: ٢ ـ ٣) تباين زاوية الاختلاف المغناطيسي بين اتجاه الشمال الجغرافي والشمال المغناطيسي.

ومن الضروري معرفة زاوية الاختلاف المغناطيسي خاصة أنه في عمليات المسح نستعين بالشمال المغناطيسي الذي يعينه اتجاه الإبرة المغناطيسية في البوصلة العادية بكل سهولة. كما أنه إذا كانت لدينا خريطة موضحاً عليها زاوية الاختلاف المغناطيسي فإنه في هذه الحالة يجب علينا أن نضع البوصلة على الخريطة على المكان المحدد ونحرك الخريطة حتى ينطبق اتجاه الإبرة المغناطيسية نحو اتجاه الشمال بها على الشمال المغناطيسي الذي توضحه الخريطة ثم نقيس من الاتجاه الأخير زاوية تساوي زاوية الاختلاف المغناطيسي في عكس اتجاهه. أو بعبارة أخرى إذا كانت زاوية الاختلاف المغناطيسي شرق الشمال الجغرافي فإن قياسنا لزاوية الاختلاف المغناطيسي يكون في اتجاه الغرب والعكس صحيح، ثم نرسم خطاً من نهاية القياس ليمثل اتجاه الشمال الجغرافي الحقيقي للمكان.

١ ـ بواسطة البوصلة:

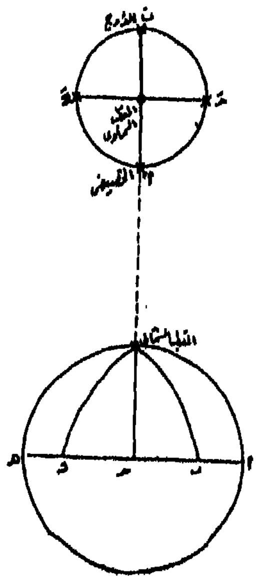
وفي هذه الحالة يتحتم علينا أن نعين الشمال المغناطيسي لهذا الغرض، وذلك باستخدام البوصلة ومن الجداول والتقاويم نستخرج زاوية الاختلاف المغناطيسي للمكان وتحديد موقعها شرقاً أم غرباً وعن طريق الحساب والرسم يمكن تعيين الشمال الجغرافي الحقيقي.

٢ ـ بواسطة النجم القطبي:

سبق أن عرفنا الاتجاه الشمالي الجغرافي لأي موقع على سطح الأرض بأنه الخط الواصل بين هذا الموقع وبين القطب الشمالي على الكرة الأرضية ولتحديد هذا الاتجاه نحو القطب الشمالي نأخذ اتجاهاً إلى نقطة تسامت نقطة القطب الشمالي التي تقع على امتداد المحور في هذا الاتجاه ويطلق عليها نقطة القطب الشمالي. وهذه النقطة الوهمية لا يمكن تحديدها بالضبط، ولكن يمكن أن تأخذ اتجاهاً إلى النجم القطبي وهو يقع كما ذكرنا في نهاية مجموعة من النجوم يطلق عليها مجموعة الدب الأصغر Usra Minor. وهذا النجم يكاد

يسامت القطب الشمالي الجغرافي، ولكن يدور حول القطب السماوي في مدار محدود، وعلى هذا إذا أخذنا شعاعاً من سطح الأرض في نصف الكرة الشمالي إلى هذا النجم وكان في حالة الأوج أو الحضيض أي أعلى أو أسفل نقطة القطب السماوي بالنسبة لمكان الراصد على سطح الأرض كان الخط الواصل بين نظر الراصد وهذا النجم يتجه نحو الشمال الجغرافي أما إذا كان موقع النجم القطبي إلى اليمين أو إلى اليسار بالنسبة للقطب السماوي فنلاحظ أن هناك فرق يصل أقصاه إلى درجتين يميناً أو يساراً عن الشمال الجغرافي الحقيقي لمكان الراصد.

فمثلاً إذا رصدنا النجم القطبي من نقطة حـ على سطح الأرض (شكل رقم ٣ ـ ٣) في حالتي وجود القطب في نقطتي (أ) أو (ب) كان الشعاع ممثلاً للاتجاه الشمالي الحقيقي تماماً، أما إذا كان النجم في الموقع (حـ)، (د) أي إلى اليمين أو اليسار بالنسبة للقطب السماوي وبالنسبة لمكان الراصد، كان هناك فرق قدره درجتان بين الشعاع الموجه نحو النجم القطبي في الحالتين وبين الاتجاه الشمالي الجغرافي.



(شكل رقم: ٣ ـ ٣): تحديد الاتجاه برصد النجم القطبي.

ولتعيين موقع النجم القطبي ليلاً نلاحظ أنه يقع في نهاية مجموعة من النجوم تسمى مجموعة الدب الأصغر، وهو وإن كان من نجوم الدرجة الثانية إلا أنه لا توجد نجوم يطلق عليها اسم مجموعة الدب الأكبر ومجموعة كاسيوبيا، والمجموعة الأخيرة يستعان بها في تحديد موقع النجم القطبي إذا كانت مجموعة الدب الأكبر في وضع يقع تحت الأفق بالنسبة لمكان الراصد. وبمساعدة مجموعة الدب الأكبر يمكن أن نحدد حالتي الأوج والحضيض بالنسبة للنجم القطبي وبالتالي موقعه بالنسبة للقطب السماوي. فإذا كان النجم قبل الأخير في مجموعة الدب الأكبر يقع إلى أعلى أو أسفل من النجم القطبي بالنسبة لمكان الراصد على سطح الأرض دل ذلك على أن النجم القطبي في حالة الأوج أو الحضيض وكان شعاع النظر الموجه إلى النجم القطبي في هذه الحالة منطبقاً تماماً على القطب الشمالي الجغرافي. ويلاحظ أن الزاوية التي يصنعها هذا الشعاع هي درجة عرض مكان الراصد.

ويتم استخدام النجم القطبي لتحديد الاتجاه الشمالي الجغرافي في نصف الكرة الشمالي ليلاً فقط. أما في نصف الكرة الجنوبي فيمكن الاستعانة بمجموعة نجمية تسمى مجموعة الصليب لتعيين اتجاه الجنوب الجغرافي، ويكون الاتجاه المضاد له هو اتجاه الشمال الجغرافي الحقيقي.

٣ - بواسطة الشمس:

(أ) في حالة معرفة وقت الزوال:

من المعروف أن قرص الشمس في النصف الشمالي للكرة الأرضية خاصة شمال مدار السرطان يكون وقت الزوال أي في منتصف النهار أثناء جميع أيام السنة في جهة الجنوب، فإن ظل الأشياء القائمة يتجه إلى الشمال وعلى العكس من ذلك إذا كنا في منطقة تقع بين مدار السرطان ودائرة الاستواء فإن الظل يتجه نحو الجنوب الحقيقي. أما إذا كان الموقع في نصف الكرة الأرضية الجنوبي

بين دائرة الاستواء ومدار الجدي وفي حالة تعامد الشمس على مدار الجدي فإن الوضع يكون عكسياً.

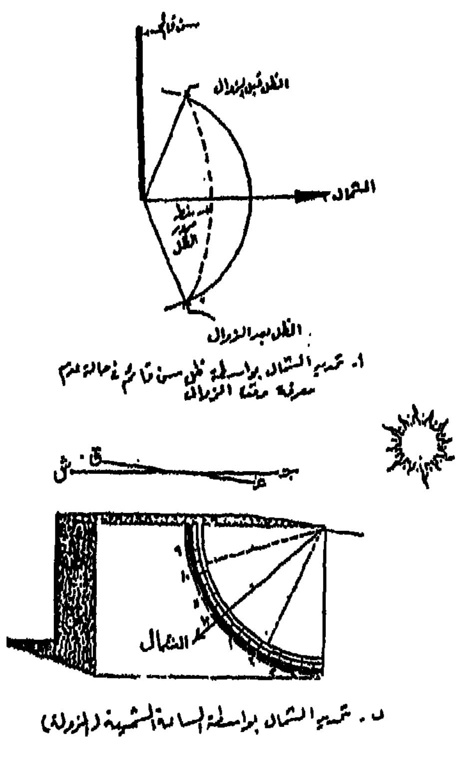
(ب) في حالة عدم معرفة وقت الزوال:

نضع في هذه الحالة سن قائم على لوحة من الورق في نقطة معينة، وذلك في وقت يراعى فيه أن يكون قبل وقت منتصف النهار، فنلاحظ أن ظل هذا السن قد تحدد على اللوحة، وبطول يساوي طول ظل السن في هذا الوقت نرسم قوساً مركزه موقع السن. ثم نراقب ظل هذا السن فنلاحظ أنه تبعاً لحركة الشمس الظاهرية قد أخذ الظل في القصر تدريجياً إلى أن يصل إلى اقصر طول له، ثم يأخذ في الامتداد مرة أخرى بانتقال الشمس نحو الأفق في الغرب إلى أن يصل الظل مرة أخرى إلى القوس السابق رسمه، وفي ذلك فإن منتصف المسافة بين طرفي القوس يحدد اتجاه الشمال الجغرافي الحقيقي وهو في نفس الوقت ينطبق على أقصر طول بالنسبة لهذا السن القائم.

٤ ـ بواسطـة المزولـة:

المزولة عبارة عن جهاز خاص يستخدم لتحديد ساعات النهار بمساعدة الشمس. ويشترط في استخدامها أن توجه توجيهاً خاصاً بالنسبة لموقع الراصد. والمزولة على عدة صور وأشكال فهي إما أن توضع في الوضع الأفقي أو الرأسي، وإما أن تكون ذات قاعدة مسطحة أفقية أو كروية أو ذات اضلاع. كما توجد منها أنواع بسيطة تشبه ساعة الجيب. وأبسط أشكالها يتكون من قرص معدني أو لوح خشبي مقسم إلى أقسام تشبه أقسام الساعة، ويوجد في مركزها مؤشر مثبت بزاوية معين تتفق مع درجة عرض المكان المستخدمة فيه (شكل رقم ٣ ـ ٤) فإذا وجهت المزولة نحو الشمال الحقيقي أمكننا بمساعدة ظل المؤشر والشمس أن نحدد الوقت من ناحية، ومن ناحية أخرى وتبعاً لشروط استخدامها يمكن أن نستعين بها لتحديد اتجاه الشمال الجغرافي الحقيقي (في نصف الكرة الشمالي) أو الجنوب الجغرافي (في نصف الكرة الجنوبي) إذا كانت هناك ساعة

ميكانيكية دقيقة لتحديد الوقت المحلي باستمرار. فإذا عرفنا الوقت عن طريق الساعة فما علينا إلا أن نحرك المزولة حتى ينطبق ظل المؤشر على الوقت الذي حددته الساعة، فيكون في هذه الحالة خط الزوال الرئيسي بالمزولة متجهاً نحو الشمال الحقيقي، أو نحو الجنوب الحقيقي (في نصف الكرة الجنوبي).

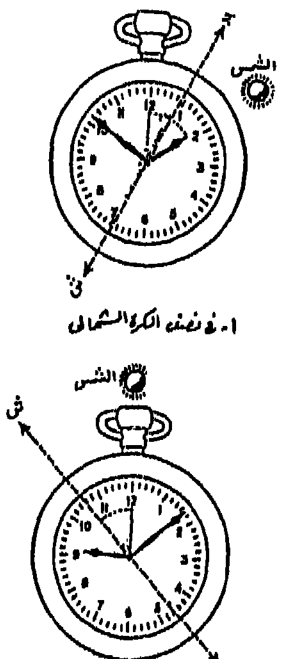


(شكل رقم: ٤ ـ ٣) تحديد الشمال الجغرافي بواسطة الشمس والمزولة.

٥ ـ بواسطة الساعة العادية:

يمكن الاستعانة بالساعة العادية لمعرفة اتجاه الشمال الجغرافي الحقيقي

وذلك بأن توضع الساعة في وضع أفقي أثناء النهار وبشرط أن يشير عقرب الساعات إلى الوقت المحلي لمكان الراصد. فنلاحظ أن قرص الشمس قد انعكس على سطح الساعة، فنحرك الساعة دون تغيير في وضع عقاربها حتى يكون قرص الشمس منطبقاً على عقرب الساعات (شكل رقم ٥ أ ـ ٣)، فتصف المسافة أو الزاوية بين عقرب الساعات (الذي يمثل الاتجاه نحو الشمس) وبين رقم ١٢ فيكون امتداد المنصف لهذه الزاوية من الجهة المضادة هو الاتجاه الشمالي وذلك في نصف الكرة الشمالي. أما في نصف الكرة الجنوبي فيكون اتجاه المنصف نفسه هو الذي يشير إلى الاتجاه الشمالي الجغرافي الحقيقي.



(شكل رقم: ٥ ـ ٣) تحديد اتجاه الشمال الجغرافي بواسطة الساعة العادية.

التباعد (المسافات) على سطح الأرض:

يقصد بالتباعد بأنه طول المسافة على دوائر العرض على سطح الأرض بين نقط تقاطعهم مع خطوط الزوال وفي هذا الصدد يعتبر الشكل الكروي للأرض أساساً نعتمد عليه عند حساب قيمة التباعد بين الأماكن المعروفة احداثياتها الجغرافية. ومن أهم خصائص الشكل الكروي المستخدمة في تحديد التباعد هو نصف قطر الأرض وهو الذي يساوي ٦٣٧٠ كيلومتر تقريباً، وهي قيمة تعطي نتائج جغرافية مقبولة على دائرة الاستواء وعند القطب، كما تعطي نتائج دقيقة للأماكن التي تقع فيما بين دائرة الاستواء والقطب. ويعتبر الميل الجغرافي هو وحدة قياس التباعد أو المسافات بين المواقع على سطح الأرض، إذ أنه عبارة عن طول القياس المقابل لزاوية مركزية قدرها دقيقة واحدة على خط زوال عند دائرة الاستواء. ونظراً لأننا نعتبر الأرض كرة تامة التكور في حساباتنا الجغرافية فإنه يمكن اعتبار الميل الجغرافي يمثل طول دقيقة واحدة على أي قوس من دائرة المستوى الذي يقطع سطح الأرض ماراً بمركز الأرض وهو ما يسمى بالدائرة العظمى Great circle فأقصر مسافة بين مكانين على الكرة الأرضية هو القوس الممتد على السطح وليس هو الخط المستقيم مباشرة، وبذلك فإن أي دائرة على سطح الأرض يمر مستواها بمركز الأرض هي دائرة عظمى. ويمكن على سطح الأرض الكروي رسم عدد لا نهائي من الدوائر العظمى، ولكن لا يمكن أن نرسم غير دائرة عظمى واحدة فقط لتمر خلال أي مكانين على هذا السطح الكروي. وأي خط زوال هو نصف دائرة عظمى وإذا ما وصلناه بخط الزوال المقابل له فسوف يكون دائرة عظمى. كذلك نجد أن دائرة الاستواء هي دائرة عظمى ـ ولكن كل دوائر العرض الأخرى ليست دوائر عظمى لأنها لا تشطر الأرض إلى قسمين متساويين.

ويحسب طول الميل الجغرافي على أساس معرفة طول محيط الكرة الأرضية، هو يساوي ٢ ط نق (حيث نق هي نصف قطر الأرض الذي

يساوي ٦٣٧٠ كيلومتر) أي يساوي:

$$٢ \times \frac{٢}{٧} \times ٦٣٧٠ = ٤٠٠٢٣,٩ \text{ كيلومتر}$$

ولما كان الميل الجغرافي يساوي طول القوس المقابل لزاوية مقدارها دقيقة واحدة فإن

$$\text{طويل الميل الجغرافي} = \frac{\text{٢ ط نق}}{٦٠ \times ٣٦٠} = \frac{٢ \times ٣,١٤١٦ \times ٦٣٧٠}{٦٠ \times ٣٦٠} = ١,٨٥٢ \text{ كم}$$

إذن يمكن إيجاد المسافة على أي خط زوال الذي هو عبارة عن نصف محيط دائرة عظمى على سطح الأرض بالأميال الجغرافية. فإذا كنا نريد حساب المسافة أو التباعد بين مكانين على خط زوال واحد أحدهما يقع على دائرة عرض ٣٠ درجة شمالاً والآخر يقع على دائرة عرض ٥٠ درجة شمالاً فيتبع الآتي:

فرق العرض بين المكانين بالدقائق = ٥٠ - ٣٠ = ٢٠ × ٦٠ = ١٢٠٠ ق.
التباعد بين المكانين = ١٢٠٠ ميل جغرافي = ١٢٠٠ × ١,٨٥٢
= ٢٢٢٢,٤٠٠ كيلومتر.

مثال: إحسب قيمة التباعد على خط زوال بين نقطتي تقاطعه مع دائرة عرض ١٧′ ٣١ شمالا ودائرة عرض ٢٨′ ٢٣ جنوبا.

الإجابة:

فرق العرض بالدقائق = ١٧′ ٣١° + ٢٨′ ٢٣° = ٤٥′ ٥٤°
= ٥٤ × ٦٠ = ٣٢٤٠ + ٤٥ = ٣٢٨٥ دقيقة

التباعد (المسافة) = ٣٢٨٥ ميل جغرافي
= ٣٢٨٥ × ١,٨٥٢ = ٦٠٨٣,٨٢ كيلومتر

وتختلف درجات، الطول التي تقيس المسافات شرقاً وغرباً في أطوالها

كثيراً لأن المسافة حول الأرض تتغير من دائرة الاستواء إلى القطبين ـ إذ تصغر دوائر العرض باطراد كلما بعدنا عن دائرة الاستواء شمالاً أو جنوباً واقتربنا من القطبين وبالتالي سوف تقل المسافة بين خطوط الطول كلما اقتربنا من القطبين. ويبلغ تباعد (أو مسافة) درجة الطول ١١١,٣ كيلومتر عند دائرة الاستواء.

(٤٠٠٩٠,٣ - ٣٦٠ = ١١١,٣٦ كيلومتر).

ثم تأخذ هذه المسافة في النقصان شمالاً أو جنوباً إلى أن نصل إلى درجة عرض ٦٠ درجة حيث تبلغ مسافة درجة الطول هناك ٥٥,٨ كيلومتر أي نصف طولها عند دائرة الاستواء، أما عند القطبين فتصبح هذه القيمة صفراً.

أما التباعد على درجات العرض، التي تبين المسافة شمالاً أو جنوب دائرة الاستواء فإنه يقاس على طول الدوائر الكاملة لخطوط الزوال. ولما كان طول محيط أي دائرة كاملة لخطوط الزوال نحو ٤٠٠٠٨ كيلومتر. وأن هذه الدوائر تنقسم ـ كما عرفنا ـ إلى ٣٦٠ درجة، فإن متوسط طول درجة العرض على سطح الأرض هو ١١١,١ كيلومتر (٦٩,٠٥ ميلا) ولذلك فإن التباعد أو المسافة بين درجات العرض منتظمة تقريباً. ولكن نتيجة لفرطحة الأرض الطفيفة عند القطبين، أصبح طول درجة العرض عند القطبين (١١١,٦ كيلومتر) أطول قليلاً من درجة العرض عند دائرة الاستواء (١١,٦ كيلومتر). غير أن هذا الاختلاف طفيف للغاية، ونستطيع في معظم حساباتنا أن نعتبر طول الدرجة العرضية على سطح الأرض ١١١ كيلومتر أو ٦٩ ميل.

ودائرة الاستواء هي الدائرة العظمى الوحيدة بين دوائر العرض التي يمكن حساب المسافات عليها بين خطوط الزوال بنفس طريقة حساب المسافات على خطوط الزوال. فمثلاً تكون المسافة على دائرة الاستواء بين خطي زوال ٢٥ ٢١ غرباً، ١٧ ٣١ شرقا فيكون:

التباعد بالدقائق = ٢٥ ٢١° + ١٧ ٣١° = ٤٢ ٥٢°

= ٥٢ × ٦٠ = ٣٣١٢٠ + ٤٢ = ٣١٦٢ دقيقة.

المسافة = ٣١٦٢ ميل جغرافي = ٣١٦٢ × ١,٨٥٢ = ٥٨٥٦,٠٢٤ كيلومتر.

ولما كان طول محيط أي دائرة عرض يساوي نصف قطر الأرض على دائرة الاستواء مضروباً جيب تمام درجة العرضِ المضروب في ضعف الرقم الثابت $\frac{٢٢}{٧}$ فإن طول المسافة على أي دائرة عرض بين نقطتي تقاطعها مع خطين من خطوط الزوال تساوي:

$$\frac{\text{٢ ط نق جتا هـ × فرق الطول بالدقائق}}{\text{٣٦٠ × ٦٠}}$$

فمثلاً المسافة على دائرة عرضٍ ٤٠° شمالاً بين نقطتي تقاطعها مع خط زوال ٣٩° درجة شرقاً، وخط زوال ٢٩° درجة غرباً تكون هي:

$$\frac{\text{٢ × ٣,١٤١٦ × ٦٣٧٠ × ,٧٦٦ × ٥٨ × ٦٠}}{\text{٣٦٠ × ٦٠}} \text{ ٤٩٣٩,٤٠٤ كم}$$

وهناك طريقة مبسطة لحساب التباعد على دوائر العرض تقوم على أساس أن: طول محيط دائرة العرض = طول محيط دائرة الاستواء × جتا (جيب تمام) درجة العرض.

وحيث أن دائرة العرض تقسم إلى ٣٦٠ قسماً ناتجاً من تقاطع ٣٦٠° درجة طول منها فإن:

٣٦٠° درجة على دائرة العرض=٣٦٠° طول على دائرة الاستواء × جتا العرض

١° طول على دائرة العرض = ١° طول على دائرة الاستواء × جتا العرض

التباعد على دائرة العرض × فرق الطول × جتا العرض.

وبالتالي فإن المسافة على نفس دائرة العرض ٣١° شمالاً في المثال السابق تكون:

فرق الطول بالدقائق = ٢٩° + ٢٩° = ٥٨ × ٦٠ = ٣٤٨٠ دقيقة

المسافة المقابلة على دائرة الاستواء = ٣٤٨٠ ميل جغرافي
= ٣٤٨٠ × ١,٨٥٢ = ٦٤٤٤,٩٦ كيلومتر.

التباعد على دائرة عرض ٤٠° درجة شمالاً = ٦٤٤٤,٩٦ × جتا ٤٠° = ٤٩٣٦,٨٣٩ كيلومتر.

أما إذا أردنا تحديد المسافة بين مكانين على سطح الأرض يمر كل منهما دائرة عرض وخط زوال يختلفا عن الآخر. فإننا في هذه الحالة نريد تحديد المسافة الواقعة على قوس الدائرة العظمى التي تصل بينهما.

ويتم حساب مثل هذه المسافة باستخدام حساب المثلثات الكروية. ويعرف المثلث الكروي بأنه عبارة عن مثلث ينتج من تقاطع ثلاث دوائر عظم على سطح الأرض مكونة بذلك ثلاثة أضلاع وثلاث زوايا بينهم. وتقدير قيمة أي ضلع فيه بمقدار الزاوية المحصورة عند مركز الكرة بين نصفي القطرين المارين بالنقطتين المحددتين للضلع. للمثلث الكروي خصائص هندسية يمكن أن نجملها فيما يلي:

(أ) مجموع أضلاع المثلث الكروي أقل من ٣٦٠° درجة.
(ب) مجموع زوايا المثلث الكروي أكبر من ١٨٠° درجة وأقل من ٥٤٠° درجة.
(ج) مجموع أي ضلعين في المثلث الكروي أكبر من الضلع الثالث.
(د) تربط أضلاع زوايا المثلث الكروي عدة علاقات أساسية هي:

(١) ـ جتا أ′ = جتا ب′ جتا ج + جا ب′ جا ج جتا $\hat{أ}$

(٢) ـ جتا ب′ = جتا ج′ جتا أ + جا جـ′ جا أ جتا $\hat{ب}$

(٣) ـ جتا ج′ = جتا أ′ جتا ب + جا أ′ جا ب جتا $\hat{ج}$

وهذه تسمى قوانين جيب تمام الأضلاع حيث أ، ب، ج هي أضلاع

المثلث الكروي أ ب ج الذي فيه أ ب = ج، ب ج = أ، ج أ = ب

(٤) ـ جتا $\hat{أ}$ = - جتا $\hat{ب}$ جتا ج + جا $\hat{ب}$ جا ج جتا أ′

(٥) ـ جتا $\hat{ب}$ = - جتا $\hat{ج}$ جتا أ + جا $\hat{ج}$ جا أ جتا ب′

(٦) ـ جتا $\hat{ج}$ = - جتا $\hat{أ}$ جتا ب + جا $\hat{أ}$ جا ب جتا ج′

وهذه تسمى قوانين جيب تمام الزوايا في المثلث الكروي.

٧ ـ $\frac{\text{جا أ}}{\text{جا أ}'} = \frac{\text{جا ب}}{\text{جا ب}'} = \frac{\text{جا ج}}{\text{جا ج}'}$

وهذا يسمى قانون الجيب للمثلث الكروي

وعند حساب المسافة بين مكانين على سطح الأرض يتم حل المثلث الكروي الذي تتكون رؤوسه الثلاثة من المكانين والقطب. ويشترط أن يكون معلوماً قيمة الضلعين المارين بنقطة القطب وكذلك الزاوية المحصورة بينهما عند القطب. فمثلاً لو أردنا حساب طول المسافة (التباعد) بين مكانين احداهما أ يقع على دائرة عرض ٣٠ درجة شمالاً وخط زوال ٢٠ درجة شرقاً والآخر (ب) يقع على دائرة عرض ٥٠ درجة شمالاً وخط زوال ٤٠ درجة شرقاً (شكل رقم ٣ ـ ٦) فإننا نقوم بإجراء الآتي:

١ ـ حساب أطوال الاضلاع من نقطة القطب (ق) بالزوايا:

ق أ = ٩٠ - ٣٠ = ٦٠°

ق ب = ٩٠ - ٥٠ = ٤٠°

٢ ـ حساب فرق الطول الذي يساوي الزاوية عند القطر (ق)

زاوية (ق) = ٥٠ - ٢٠ = ٣٠°

٣ ـ باستخدام قانون جيب تمام الزاوية (ق) يكون:

جتا ق = جتا أ جتا ب + جا أ جا ب جتا ق

= جتا ٤٠° جتا ٦٠° + جا ٤٠° جا ٦٠° جتا ٣٠°

= (٠,٧٦٦٠ × ٠,٥٠٠٠) + ٠,٦٤٢٨ × ٠,٨٦٦٠ × ٠,٨٦٦٠,

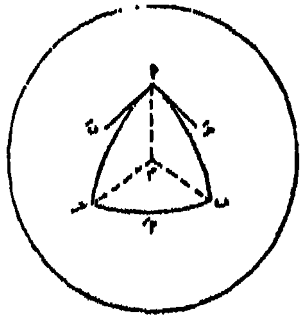
= ٠,٣٨٣٠ + ٠,٤٨٢١

= ٠,٨٦٥١ وبالكشف في جدول جيب التمام نجد أن زاوية ق = ٣٠ درجة، ٦ دقائق، ٢١,١٥ ثانية

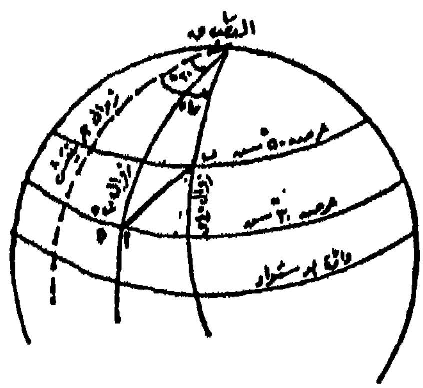
= ١٨٠٦٣,٣٥٢٥ دقيقة

∴ المسافة (التباعد) أ ب = ١٨٠٦,٣٥٢٥ ميلاً جغرافياً

= ١٨٠٦,٣٥٢٥ × ١,٨٥٢ = ٣٣٤٥,٣٦٤٨ كيلومتراً



المثلث الكروي.



(شكل رقم: ٦ ـ ٣) حساب طول المسافة (التباعد) بين مكانين على سطح الأرض بواسطة المثلث الكروي.

تحديد المواقع على سطح الأرض:

يتم تحديد المواقع على سطح الأرض على أساس معرفة الإحداثيات الجغرافية أو النظام الإحداثي الجغرافي للأرض الذي يعتمد على دوران الأرض حول محورها دورة كاملة كل يوم. وكما ذكرنا يقابل هذا المحور سطح الأرض عند نقطتي القطب الشمالي والجنوبي. وتعتبر دوائر العرض في هذا النظام بمثابة خطوط إحداثية أفقية، بينما تعتبر خطوط الزوال خطوط أحداثية رأسية. ويحدد أي موقع على سطح الأرض عن طريق درجة عرضه شمال أو جنوب دائرة الاستواء، ودرجة طوله شرق أو غرب خط زوال جرينتش. وتكون الإحداثيات في هذه الحالة عبارة عن قيم زاوية كأن يقال أن موقع مدينة القاهرة هو ٣٠° شمالاً و ٣١° شرقاً. وقد تعرفنا في الفصل السابق على الطرق الأساسية التي تستخدم لتحديد درجة العرض ودرجة الطول. ويمكن أيضاً التعرف على الإحداثيات الجغرافية للمكان عن طريق معرفة المسافة بينه وبين مكان آخر بالإضافة إلى معرفة الانحراف الجغرافي لهذا المكان عند المكان الآخر المعلوم احداثياته الجغرافية. ويعرف الانحراف الجغرافي للمكان عند مكان آخر بقيمة الزاوية التي يصنعها قوس الدائرة العظمى التي تمر على المكانين مع اتجاه الشمال الجغرافي. وتنحصر هذه الزاوية بين الصفر و ٣٦٠ درجة، ولذا فإنه يعرف بالانحراف الدائري. وقد يعبر عن الانحراف الجغرافي بطريقة الانحراف ربع الدائري الذي تنسب فيه زاوية الانحراف الجغرافي إلى الربع الدائري الجغرافي الذي تقع فيه الزاوية. فمثلاً:

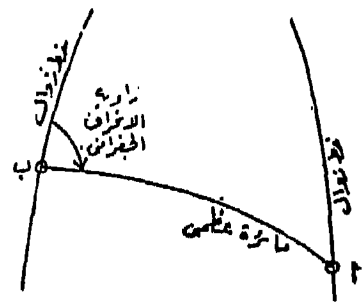
الانحراف الدائري ٢٥° الانحراف ربع الدائري ش ٢٥° ق.

الانحراف الدائري ١٥١° الانحراف ربع الدائري حـ ٢٩° ق.

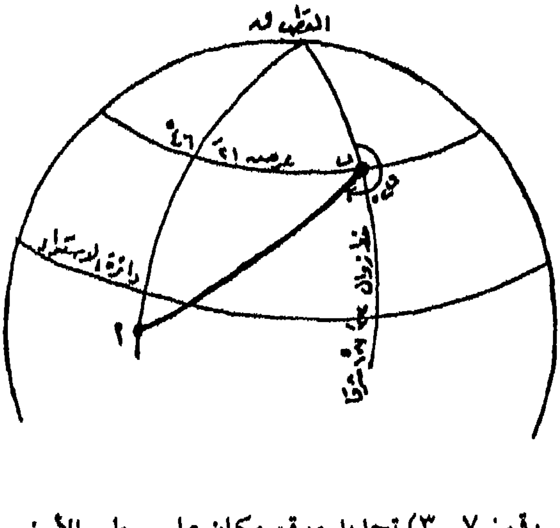
الانحراف الدائري ٢٤٠° الانحراف ربع الدائري جـ ٦٠° غـ.

الانحراف الدائري ٣١٠° الانحراف ربع الدائري ش ٥٠° غـ.

مثال: حدد موقع (أ) على سطح الأرض بإيجاد إحداثياته الجغرافية إذا علمت أنه يبعد عن المكان (ب) بمسافة ٤١٦ كيلومتر وأن الانحراف الجغرافي للمكان (أ) عند المكان (ب) يساوي ٢٢٠° وأن الاحداثي الجغرافي للمكان (ب) هو: دائرة عرض ٢١ ٤٦° شمالاً، خط طول ٢٣ ١٠٧ ق (شكل رقم ٧ ـ ٣).



الانحراف الجغرافى



(شكل رقم: ٧ ـ ٣) تحديد موقع مكان على سطح الأرض عن طريق إيجاد احداثياته الجغرافية.

الإجابة: في المثلث ق أ ب فيه:

ق ب = ٠٠' ٩٠° − ٢١' ٤٦° = ٣٩' ٤٣°

ب أ = ٤١٦٧ ÷ ١,٨٥٢ = ٢٢٥٠ دقيقة = ٣٠' ٣٧°

الزاوية ب = ٣٦٠ − ٢٢٠ = ١٤٠°

جتا ق أ = جتا ق ب جتا ب أ + جا ق ب جا ب أ جتا ب

= جتا ٣٩' ٤٣° × جتا ٣٠' ٣٧° + جا ٣٩' ٤٣°

جا ٣٠' ٣٧° × جتا ١٤٠°

= (٧٢٣٦,×٧٩٣٤,) + جا ٦٩٠٣, + ٦٠٨٧, × (− ٧٦٦٠,)

= ٠,٥٧٤١ + (− ٠,٣٢١٨)

= ٠,٥٧٤١ + (− ٠,٣٢١٨) = ٠,٢٥٢٣

∴ ق أ = ٧٥ درجة، ٢٣ دقيقة تقريباً.

∴ درجة عرض أ = ٣٧' ١٤° شمالاً.

جتا أ = جتا ق أ جتا ق ب + جا ق أ جا ق ب جتا ق

جتا ٣٠' ٣٧° = جتا ٢٣' ٧٥° جتا ٣٩' ٤٦° + جا ٢٣' ٧٥° جا ٣٩'

٤٦° جتا ق

٠,٧٩٣٤ = (٢٥٢٣, × ٧٢٣٦,) + ٠,٩٦٧٦ × ٦٩٠٣, × جتا ق

٠,٧٩٣٤ = ٠,١٨٢٦ + ٠,٦٦٧٩ × جتا ق

جتا ق = (٠,٧٩٣٤ − ١٨٢٦,) / ٠,٦٦٧٩ = ٠,٩١٤٥

الزاوية ق = ٥٢' ٢٣°

درجة طول أ = ٣٣' ١٠٧° − ٥٢' ٢٣° = ٤١' ٨٣° شرقا

أما إذا كانت المواقع تحدها مسافات قصيرة لا تزيد عن ميل جغرافي أي قوس لا يزيد مقداره عن ٢٠ دقيقة أي ٣٧,٤ كيلومتر، فإنه في هذه الحالة لا

يؤثر تقوس الأرض في دقة النتائج التي نحصل عليها. ويستخدم لحساب مثل هذه الأقواس الصغيرة معادلات بسيطة لإيجاد الإحداثيات الجغرافية لمكان ما عن طريق معرفة بعده وانحرافه عن مكان آخر معلوم إحداثياته الجغرافية. وتسمى هذه المعادلات بقواعد أو قوانين العرض المتوسط والتي يمثل الميل الجغرافي فيها وحدة القياس الأساسية والانحراف الجغرافي يكون فيها من نوع الانحراف ربع الدائري. وتنحصر قانونية العرض المتوسط فيما يلي:

١ ـ فرق العرض = المسافة × جتا الانحراف

٢ ـ التباعد = المسافة × جـا الانحراف

$$\text{٣ ـ المسافة} = \frac{\text{فرق العرض}}{\text{جتا الانحراف}}$$

$$\text{٤ ـ فرق الطول} = \frac{\text{التباعد}}{\text{جتا العرض المتوسط}}$$

$$\text{٥ ـ ظـا الانحراف} = \frac{\text{التباعد}}{\text{فرق العرض}}$$

مثال (٢): أوجد الإحداثيات الجغرافية للمكان (س) إذا علمت أن الإحداثيات الجغرافية للمكان (ص) هي:

٢٠' ٤٠° شمالا، ٣٠' ٥٠° شرق، والمسافة بين س، ص تساوي ١٨,٥٢ كيلومتر والإنحراف الجغرافي للمكان (س) عند المكان (ص) هو ١٥' ٤٨°

الإجابـة:

طول المسافة س ص بالميل الجغرافي = ١٨,٥٢ ÷ ١,٨٥٢

= ١٠ ميلا جغرافيا

طول المسافة س ص بالدقائق = ١٠ دقائق

الانحراف الجغرافي ربع الدائري = ١٥' ٤٨° ق

فرق العرض = المسافة × جتا الانحراف

= ١٠ × جتا ٤٨° ١٥'

= ١٠ × جتا ٠,٦٦٥٩ = ٦,٦٥٩ دقيقة شمالاً

عرض المكان (س) = عرض المكان (ص) + فرق العرض

= ٤٠° ٢٠' + ٦,٦٥٩'

٤٠° ٢٦,٦٥٩'

العرض المتوسط = (عرض المكان س + عرض المكان ص) / ٢

= (٤٠° ٢٠' + ٤٠° ٢٦,٦٥٩') / ٢

= ٤٠° ٢٣,٣٢٩'

التباعد = المسافة × جا الانحراف

= ١٠ × جا ٤٨° ١٥'

= ١٠ × ٠,٧٤٦١ = ٧,٤٦١ شرقاً

فرق الطول = التباعد / جتا العرض المتوسط

= ٧,٤٦١ / جتا ٤٠° ٢٣,٣٢٩'

= ٧,٤٦١ / ٠,٧٦١٧ = ٩,٧٩٥٢'

∴ طول المكان (س) = طول المكان ص + فرق الطول

= ٣٠' ٥٠° + ٩,٧٩٥٢'

= ٣٩,٧٩٥٢' ٥٠° شرقاً

مثال:

احسب المسافة بين المكان أ ب وأوجد قيمة زاوية الانحراف الجغرافي للمكان ب عند المكان أ. إذا كانت الإحداثيات الجغرافية لكل من المكانين كالتالي:

المكان أ = ٣٠' ٢٥° شمالاً، ٣٠' ٤٠° شرقاً

المكان ب = ٢٢' ٢٥° شمالاً، ٢٥' ٤٠°

الإجابة:

فرق العرض = ٨' ٠٠° جنوباً

فرق الطول = ٥' ٠٠° شرقاً

العرض المتوسط = (عرض المكان أ + عرض المكان ب) / ٢

= (٣٠' ٢٥° + ٢٢' ٢٥°) / ٢ = ٢٦' ٢٥

التباعد = فرق الطول × جتا العرض المتوسط

= ٥' × جتا ٢٦' ٢٥°

= ٥' × ٠,٩٠٣١ = ٤,٥١٥٥

$$\text{ظا الانحراف} = \frac{\text{التباعد}}{\text{فرق العرض}} = \frac{٤,٥٥٥}{٨} = ٥,٦٤٤$$

وبالكشف في جدول الظلال يكون

الانحراف (انحراف ب عند أ) = ح ٥,٢٦' ٢٩°

وهو انحراف ربع دائري

الانحراف الجغرافي = ٠٠' ١٨٠° - ٥,٢٦' ٢٩° = ٥,٣٣' ١٥٠°

$$\text{المسافة بين أ، ب} = \frac{\text{فرق العرض}}{\text{جتا الانحراف}} = \frac{٨'}{٥,٢٦'\ ٢٩°}$$

$$= \frac{٨'}{٠,٨٧٠٩} = ٩,٨٥٩$$

= ٩,٨٥٩ ميلاً جغرافياً

= ٩,١٨٥٩ × ١,٨٥٢ = ١٧,٠١٢٣ كم

الباب الثاني

الخرائط

مقدمة

الباب الثاني
الخرائط

مقدمة :

يقصد بالخريطة صورة ما هو موجود على سطح الأرض من معالم طبيعية وبشرية، وترسم هذه الصورة بنسبة معينة يطلق علينا اسم مقياس الرسم. ولما كانت الخريطة عبارة عن مسقط أفقي مرسوم على لوحة مستوية وليست جسماً كروياً يمثل حقيقة طبيعة الكرة الأرضية، كان لزاماً علينا استخدام بعض الطرق الخاصة بتمثيل هذا الجسم الكروي على هذه اللوحة المستوية، وتعرف هذه الطرق بمساقط الخرائط التي بواسطتها نتمكن من تحقيق بعض الشروط الموجودة على الجسم الكروي في رسم هذه الصورة المستوية وهي الخريطة.

وعند رسم الخرائط تقسم المعالم الموجودة على سطح الأرض إلى أنواع مختلفة، ونعرض كل نوع منها في خرائط خاصة. فهناك خرائط خاصة بالتضاريس وأخرى خاصة بالطقس والمناخ، وثالثة خاصة بالمواصلات، ورابعة خاصة بالنواحي البشرية سواء متعلقة بالسكان من حيث عددهم أو كثافتهم، أو متعلقة بالنواحي الاقتصادية، أو توزيع المدن والقرى. وقبل دراسة أي نوع من الخرائط يجب علينا أن نلم بمستلزمات رسم الخرائط وأساسيات الخريطة والإخراج الفني لها من حيث توقيع التفاصيل والتحبير والتلوين والكتابة، بالإضافة إلى طرق تمثيل المظاهر الطبيعية والبشرية وطرق العرض الكارتوجرافي لبيانات هذه المظاهر. وأخيراً طرق ترتيب الخرائط وطرق

توجيهها وذلك حتى يمكن توجيه الخريطة توجيهاً صحيحاً وبالتالي يمكن أن نتابع المعالم الموجودة عليها من واقع الطبيعة.

وتحاول الدراسة في هذا الباب أن تقدم عرضاً يكاد يكون متكاملاً لمبادىء علم الخرائط في تبويب متناسق يركز على كيفية رسم الخرائط وبلورة المغزى العلمي للخريطة مما يهيىء فرصة لمستخدم الخريطة من إعادة رسمها وإخراجها من جديد في إطار جغرافي سليم.

الفصل الرابع

التطور التاريخي للخرائط

تمثل الخرائط الآن ضرورة من ضروريات النشاط الذي يزاوله الإنسان، حيث تؤكد الحاجة إلى الخرائط لكي تمثل بصورة مرئية سطح الأرض بعامة، وكذلك أجزاءه المختلفة بكل ما فيها من تفاصيل. وتنبع هذه الحاجة من الرغبة في تحديد المواقع والمسافات والطرق بينها والمساحات وغيرها من المظاهر المكانية العديدة. ونظراً لتنوع وكثرة مجالات النشاط البشري فقد يستلزم الأمر استخدام خرائط متنوعة وبمختلف المقاييس لكي تخدم كل هذه المجالات.

وتعد الخريطة بمثابة أداة ضرورية في الدراسة الجغرافية على وجه الخصوص، إذ أنها تقدم الصورة المرئية التي تساعد في توضيح وتفسير العلاقة المتبادلة بين الإنسان والبيئة، كما أنها تضع بين أيدي الجغرافي بيانات ومعلومات جاهزة وصحيحة في نفس الوقت. ومن هنا فإن الخريطة تمثل للجغرافي مرشداً صائباً ومعيناً لا ينضب وبنكاً للمعلومات لا يتوقف عن العطاء، ذلك لأنها تمثل أعظم كم من الإيجاز وتصور أكبر حجم من تفاصيل مظهر سطح الأرض على أقل مساحة للوحة يسهل تناولها والتعامل معها.

وتتمثل الفائدة الكبرى في الخرائط في أنها تعد وسيلة بيانية تعرض عليها نتائج الدراسات الجغرافية أو يضاف إلى المعلومات التي توضحها أية بيانات جديدة مما يؤدي إلى خلق خرائط جديدة. وبناء على ذلك فإن الخرائط تلعب

دوراً مزدوجاً في الدراسات الجغرافية، فهي من ناحية تعد أداة ضرورية تعين على القيام بهذه الدراسات، ومن ناحية أخرى تساعد على عرض المادة العلمية الجغرافية وبيان ما انتهت إليه من نتائج ومعلومات جديدة.

واشتقت كلمة خريطة Map من الكلمة اللاتينية Mappa التي تعني قطعة قماش صغيرة. وقد أطلقت كلمة Mappa mundi على خرائط العالم في العصور الوسطى بواسطة الراهب ويكون Micon من سانتى ريكير عام ٨٤٠ ميلادية. على أن تعريف الخريطة في اللغة العامة ـ تعني أنها تمثيل رمزي أو اصطلاحي صغير المقياس لجزء من الأرض (أو للأرض كلها) كما يرى من أعلى. وبالتالي فإن الخريطة تصبح أصغر حجماً بكثير جداً من المساحة الحقيقية التي تمثلها من سطح الأرض، ذلك لأن كل مظاهر هذه المساحة ينبغي بالضرورة أن تمثل بالقدر الذي يجعلها مرئية في إطار الحدود المفروضة وبحجم يناسب مساحة لوحة الخريطة. ومن ثم ترسم كل خريطة بمقياس رسم يحدد النسبة بين أي مسافة محصورة بين نقطتين على الخريطة وما يقابلها من مسافة حقيقية في الطبيعة (أو على الأرض). وبما أن الخريطة تعتبر تمثيلاً اصطلاحياً لأنماط سطح الأرض فإن ظاهرات سطح الأرض المختلفة تصور على الخريطة بأشكال رموز معينة متفق عليها، إذ أن استخدام أية رموز أخرى اختيرت بطريقة شخصية ووضعت على الخريطة تحولها إلى رسماً تخطيطياً وليس خريطة بالمعنى الدقيق، ولهذا كان للرموز والمصطلحات المتفق عليها أهمية كبرى في قراءة وتفسير الخريطة.

ونظراً لأن الخريطة ترسم على لوحة (سطح) مستو، فهي تمثل بذلك بعدين فقط ـ هما الطول والعرض في الشكل الهندسي. ولكن نمط سطح الأرض في الحقيقة سطح ليس مستوياً وإنما هو سطح منحنى أو مقوس له ثلاثة أبعاد في الشكل الهندسي، وبالتالي تصبح الخريطة تمثيلاً أو صورة، لسطح مقوس بأبعاده الثلاثة على سطح مستو له بعدين فقط ـ وهي بذلك تعد تمثيلاً غير صحيح لسطح الأرض. وقد أمكن التغلب على مشكلة تحويل السطح الكروي المنحنى أو القوس إلى سطح مستو باستخدام مساقط الخرائط Map projections

التي تحتل مكاناها في دراسة علم الخرائط (الكارتوجرافيا)[1].

وتبعاً لأهمية الخرائط في الدراسات الجغرافية فإنه يجدر بنا أن نستعرض ـ باختصار ـ قصة الخرائط التاريخية لأنها ستلقى الضوء على المحاولات الأولى لعمل الخرائط منذ بضعة آلاف من السنين، وكيف تطورت هذه المحاولات عبر العصور المختلفة، واستفاد منها الإنسان خلال فترة الكشوف الجغرافية وما بعدها حتى استطعنا أن نرسم بدقة ومهارة أدق الخرائط وأفضلها في وقتنا الحالي.

المحاولات الأولى لعمل الخرائط

(١) الخرائط عند الشعوب القديمة

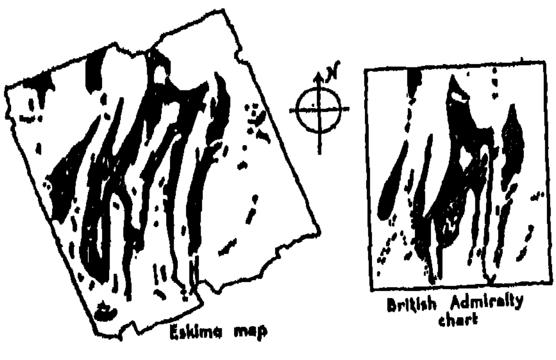
ظهرت الحاجة إلى الخرائط منذ أقدم العصور، وذلك عندما بدأ الإنسان في التجول والترحال والانتقال إلى أماكن بعيدة عن موطنه الأصلي يصعب عليه تذكر معالمها ومواقعها النسبية والطرق التي تربط فيما بينها. وقد كشفت لنا كتب الرحالة القدامى عن بعض أنواع من هذه الخرائط الأولية التي كان يستخدمها سكان المناطق الباردة أو القريبة من المناطق القطبية من جماعات الأسيكمو وغيرهم، وهي في صورتها عبارة عن قطع من جلد عجل البحر نقشت عليها رموز خاصة تمثل الجزر والخلجان والغابات وغير ذلك من معالم البيئة المحلية (شكل رقم ١ ـ٤). وقد وصل بعضها إلى درجة كبير من الدقة حتى شابهت في كثير من تفاصيلها الخرائط الحديثة لنفس هذه المناطق، كما هي الحال في الخرائط التي رسمها سكان جزر خليج هدسون في أمريكا الشمالية

(١) الكارتوجرافيا Cartography كلمة يونانية تتكون من مقطعين هما Charles وتعني لوحة ورق و graphein وتعنى يصف أو يصور بالرسم، ومن هنا فإن الكارتوجرافيا تعني في إطارها الضيق رسم الخرائط، أما المعنى الشامل لها، فيؤكد على كل عمليات صناعة الخريطة ابتداء من عملية الرفع (المساحة) الحقيقية على سطح الأرض إلى عملية طبع الخريطة.

(شكل رقم: ٢ ـ ٤) إذ أنها في جملتها من حيث الاتجاه وما يمتد فيها من الجزر وما يفصلها من خلجان تكاد تطابق الخرائط الحديثة لها.

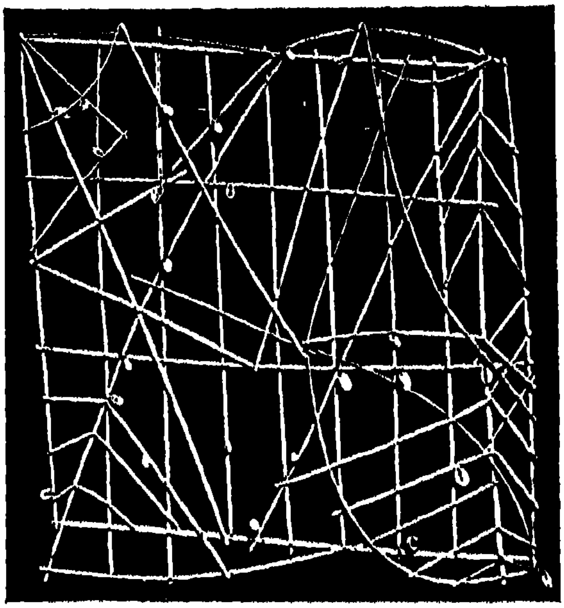


شكل رقم (١ ـ ٤): خريطة سكان المناطق الباردة (الأسكيمو)



شكل رقم (٢ ـ ٤): خريطة سكان جزر خليج هدسون

كما لاحظ كوك وغيره من الرحالة في المحيط الهادي بعض أنواع من الخرائط الأولية في أبسط صورها المستعملة بين أهالي جزر ميكرونيزيا، وعلى الأخص سكان جزر مارشال، وهي عبارة عن سلال من البوص أو الغاب مجدولة بشكل ونظام معين ومثبت عليها مجموعة من الأحجار والأصداف لتمثل الجزر والمسالك التي تمتد فيما بينها (شكل رقم: ٣ ـ ٤). وهي في جملتها أقل

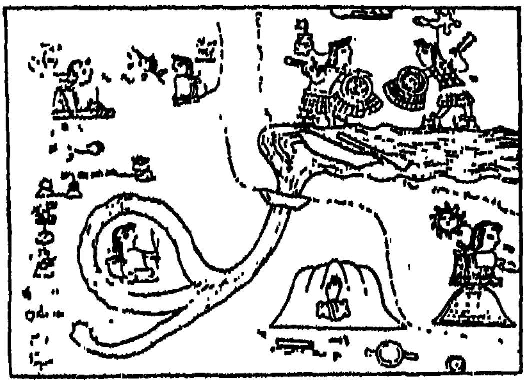


شكل رقم (٣ ـ ٤): لوحة سكان جزر مارشال

دقة وأكثر أولية من خرائط الأسكيمو السالفة الذكر عن جزر خليج هدسون.

كما وجدت خرائط أخرى لا بأس بها رسمتها بعض قبائل الهنود الحمر (قبائل الأزتك) ولكنها لا تعادل في قيمتها ما وضعه الأسكيمو، إذ أنهم اهتموا بتسجيل الأحداث التاريخية أكثر من اهتمامهم بتفاصيل سطح الأرض،

إلى جانب أنها كانت عبارة عن رسوم مزينة بالنقوش إلى درجة كبيرة (شكل رقم: ٤ ـ ٤).

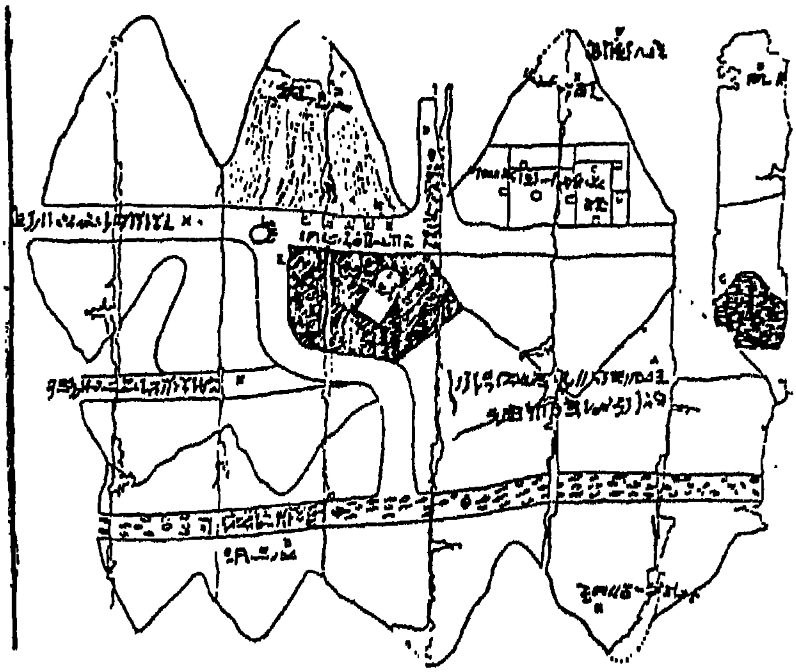


شكل رقم (٤ ـ ٤): خرائط قبائل الأزتك

(٢) الخرائط المصرية

اشتهر المصريون القدماء بالعلوم والهندسة، كما كان لهم دور ملحوظ في مجال رسم الخرائط التي اعتمد على عمليات مساحية تفصيلية دقيقة لغرض تقدير الضرائب التي كانت تحتاجها الحكومة لتغطية النفقات الباهظة التي كانت يتطلبها نظام حكم الفراعنة. وكانت عمليات حصر وتقسيم الأراضي تتم سنوياً بعد إتمام الزراعة لتنظيم جباية الضرائب. ورغم براعة المصريين القدماء في هذا المجال إلا أنهم لم يتركوا لنا إلا القليل من الخرائط المنقوشة على ورق البردى الذي هو أقل تحملاً وحفظاً وبقاء، مما دعى البعض إلى القول بأن جهود المصريين في الخرائط لا تمثل إضافة هامة في تطورها التاريخي. وقد وجدت عدة لوحات مصرية ترجع إلى عهد رمسيس الثاني (عام ١٣٠٠ ق.م) تبين مواقع الأعمدة التي تحدد المقاطعات والأقسام الإدارية وحدود الأراضي الزراعية.

ويرجع تاريخ أقدم خريطة مصرية معروفة لنا إلى حوالى عام ١٣٢٠ ق.م وهي موجودة في متحف تورينو بإيطاليا ومرسومة على ورقة بردى، وهي تبين مواقع الطرق إلى منجم الذهب في الصحراء الشرقية، وإن كان موضع هذه المنجم غير معروف بالضبط (شكل رقم: ٥ ـ ٤). وهناك لوحة أخرى من ورق البردى



شكل رقم (٥ ـ ٤): خريطة لمنجم مصري قديم ترجع إلى عام ١٣٢٠ ق.م.

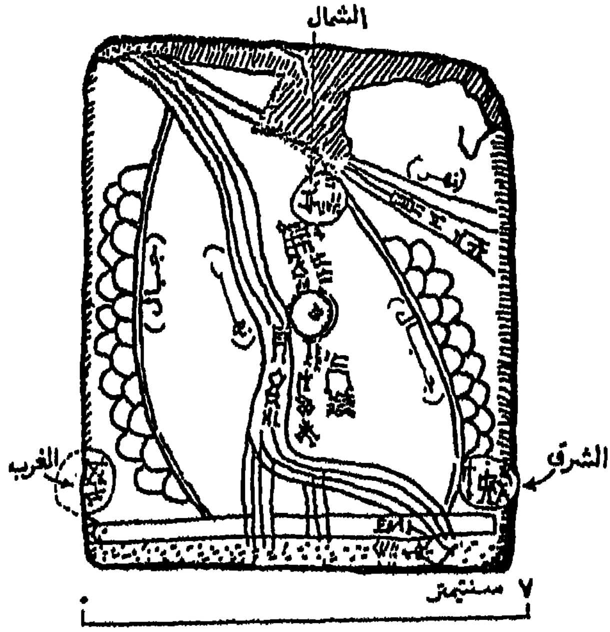
محفوظة في نفس المتحف تبين الطريق الذي سلكه سيتي الأول أثناء عودته منتصراً من حملته على سورية، وذلك فيما بين بيلوز (القزما) وهليوبوليس، كما وضع فيها القناة التي تربط نهر النيل ببحيرة التمساح. ولكن هناك أدلة كثيرة على تطور صناعة الخرائط بمصر القديمة وبخاصة الخرائط التفصيلية، فقد كان المصريون أول من حسب المساحات عن طريق تقسيم الأراضي غير منتظمة

الشكل إلى مثلثات (وهي الطريقة التي تعرف حالياً بالمثلثات الشبكية Traingulation). كذلك تبين النقوش الأثرية أن المصريين كانوا يستخدمون الحبل في قياس الأرض ـ وهذا هو النموذج الأصلي لجنزير المساح Chain الذي يستخدم الآن لنفس الغرض.

(٣) الخرائط البابلية

تعد محاولات البابليين أقدم محاولات عرفها التاريخ في مجال صناعة وفن الخرائط، فقد تميزت حضارة البابليين بالعناية بالفلك والرياضيات. وقد أنشئت الخرائط عند البابليين بهدف تقدير الضرائب وكان يتم نقشها على أقراص من الطين المحروق. وقد اكتشف علماء الآثار عدداً من الخرائط البابلية تغطي مساحات تتراوح في أحجامها من العقارات والمدن إلى كل بابل والعالم، ومن بين هذه الخرائط الخريطة الموجودة في متحف الساميات بجامعة هارفارد الأمريكية والمعروفة باسم لوحة جاسور Ga Sur والتي عثر عليها رجال الآثار عندما كانوا ينقبون في مدينة جاسور إلى الشمال من بابل. ويرجع تاريخ هذه اللوحة إلى ٢٥٠٠ سنة قبل الميلاد، وهي عبارة عن لوحة صغيرة من الطين المحروق لا تزيد مساحها على ٧×٩ سنتيمتر مبين عليها وادي نهر يتجه من الشمال إلى الجنوب (ربما نهر الفرات) تحيط به من الجانبين رموز مرتفعات في هيئة أقواس متداخلة، ويصب النهر بواسطة ثلاثة فروع في بحيرة أو بحر، كما وضعت على الخريطة بعض الرموز التي تحدد اتجاهات الشرق والغرب والشمال على هيئة دائرة كاملة تمثل الشرق على الجانب الأيمن، ونصف دائرة على الجانب الأيسر يمثل الغرب (شكل رقم: ٦ ـ ٤)، مما يدل على أن البابليين عرفوا استخدام الاتجاهات في الخرائط، كما هو معروف حالياً.

كما يوجد بمتحف إسطنبول والمتحف البريطاني عدة لوحات طينية أخرى تمثل الأقاليم والمدن البابلية، مثل خريطة «كاوسترو» التي تعود إلى الفترة ٢١٩٥ ـ ٢١٧٠ ق.م، وخريطة تمثل القسم الشرقي من مدينة نيبور السومرية



شكل رقم(٦ ـ ٤): لوحة جاسور البابلية ـ أقدم خريطة في العالم
(عام ٢٥٠٠ ق.م)

التي يرجع تاريخها إلى النصف الأول من الألف الثانية قبل الميلاد، وخريطة توضح مقاطعة معنية بالنسبة إلى المناطق المجاورة عثر عليها قرب مدينة كركوك الحالية يرجع تاريخها إلى القرن الخامس عشر قبل الميلاد.

ولم تقتصر جهود البابليين على إنشاء الخرائط المحلية فحسب بل أنهم قاموا بإنشاء خريطة تعبر عن فكرة الإنسان البابلي عن العالم المحيط به على لوح من الطين المحروق يرجع تاريخها إلى حوالى سنة ٢٤٠٠ قبل الميلاد تمثل فتوحات سرجون الأكدي. وتصور هذه الخريطة العالم المعروف على شكل قرص مستدير يحيط به البحر من جميع الاتجاهات وفي مركزه بابل، باعتبارها مركز العالم، وعلى أطرافه رسمت سبع جزر، وهذه الجزر تمثل معابر إلى دائرة خارجية تحيط بهذا البحر أطلق عليها اسم المحيط السماوي لا نهاية له حيث

يقيم الآلهة، كما رسمت عليها الاتجاهات الأصلية الأربعة بواسطة رءوس تخرج من هذا المحيط السماوي (شكل رقم: ٧ـ ٤).



شكل رقم (٧ ـ ٤): صورة طبق الأصل لخريطة العالم لدى البابليين
(عام ٢٣٠٠ ق.م.)

وتعتبر محاولة تحديد الاتجاهات في الخرائط البابلية أقدم محاولات من نوعها عرفها العالم، وكانت ذات أثر ملوس على صناع الخرائط فيما بعد، على أن أهم إضافة قدمها البابليون لعلم الخرائط هي في طريقة تقسيمهم للدائرة إلى

٣٦٠ درجة، وهو التقسيم الذي لا زال مستخدماً حتى اليوم - وفي دراساتهم لحركات الأجرام السماوية.

(٤) الخرائط الصينية

كان للحضارة الزراعية القديمة التي قامت في الصين دور مرموق في تاريخ الخرائط حيث كانت دافعاً للقيام بعمليات قياس الأراضي الزراعية وتقدير مصادر المياه حتى يمكن تقدير الضرائب. وقد انعكس تطور هذه الحضارة بصورة مستقلة عن مثيلاتهافي بقية أنحاء العالم على كل مظاهر الحياة الصينية. ولذلك تميزت الخرائط الصينية بنشأتها المستقلة وتطورها البطيء لعدم الاستفادة من خبرات الشعوب الأخرى. ولكن بلغت الخرائط الصينية أوجها إبان العصور الوسطى حينما وصلت الخرائط الأوربية إلى فترة ركود واضمحلال.

وأقدم الخرائط الصينية يرجع تاريخها إلى عام ٢٢٧ ق.م، ومن أشهر الخرائط الصينية وأروعها الخريطة التي رسمها بي هسيو Pei Hsiu (٢٢٤ - ٢٧٣م) الرائد الحقيقي لعلم الخرائط في الصين. وقد وضع على خرائطه المواضع محددة بواسطة الخطوط الرأسية والأفقية (شبكة الأحداثيات) كما حدد الاتجاهات بين الأماكن، وأشار إلى الأبعاد بينها، كما أوضح الأجزاء المرتفعة والمنخفضة من سطح الأرض، وبين تغير اتجاهات الطرق وانحناءاتها من منطقة لأخرى.

وتوسع علم الخرائط وزادت عمليات إنشاء الخرائط بعد بي هسيو حيث شمل الخرائط التي وصفت جميع أجزاء المنطقة الواقعة بين بلاد فارس واليابان وفيما بين الهند وسيبيريا، وأهمها خريطة خشبية مساحتها عشرة أقدام مربعة تمثل أقاليم الصين جميعاً قام بإنشائها هسيه شوانج Hsich Chuang (٤٢١ - ٤٦٦ م). ولكن كان أشهر صانعي الخرائط الصينيين في الفترة المتأخرة هو تشيا تان Chia Tan (٧٣٠ - ٨٠٥ م) الذي رسم خريطة مساحتها ٣٠ قدم مربع تغطي مساحة تتجاوز القارة الآسيوية (شكل رقم: ٨ - ٤). ونلاحظ من هذه الخريطة أن أفكار الصينيين عن الأقاليم النائية غير الصينية كانت غامضة، ولكنها



شكل رقم (٨ ـ ٤): خريطة تشيا تان عام ٨٠١ م لشمال شرق الصين

اعتمدت على مادة موروثة من العهود السابقة أكثر من اعتمادها على العمليات المساحية. ونظراً لاتساع نطاق الخرائط الصينية، فإنه عندما دخلت البعثات التبشيرية المسيحية إلى الصين في القرن السادس عشر وجدوا مادة خصبة ووافية مكنتهم من إنشاء أطلس جيد للأمبراطورية الصينية. ومنذ هذا التاريخ تأثرت الخرائط الصينية بالغرب.

هذا إلى جانب الخرائط الأخرى التي ظهرت لتصور شكل العالم كما يراه الصينيون، وظهر فيها مدى تأثرهم بأفكار وآراء البابليين في هذه الناحية. فالعالم في نظر الصينين ظهر على شكل قرص مستدير تتوسطه إلى حد ما مملكة الصين وما حولها من بلاد أقربها بلاد الهند. ويحيط بكتلة اليابس بحر يطلق عليه البحر المحيط تنتشر به بعض الجزر التي تمثل باقي بلاد العالم. ويحيط بهذا البحر حلقة من اليابس يطلق عليها اسم أرض الجبل المحيط، وهي تضم مركز أصل الإنسان وسكن الإنسان الكامل وأرض النساء، كما ظهرت في الجنوب جبال النار العليا حيث يتعذر سكنى الإنسان. أي أن هذا النطاق اليابسي

المحيط يضم معظم الأرض المجهولة بالنسبة للصينيين (شكل رقم: ٩ ـ ٤).



شكل رقم (٩ ـ ٤): شكل العالم في الفكر الصيني

تلك هي قصة الجهود القديمة في إنشاء الخرائط أوردناها كمحاولة لتحديد نقطة البداية في تاريخ الخرائط. وفي الحقيقة أنه لا يمكن القطع ببداية محددة انطلقت منها جهود الإنسان في ميدان الخرائط، ولكن كل ما ذكرناه ما هو إلا محاولات عكست حاجة الإنسان الملحة في مختلف البيئات الطبيعية إلى هذا اللون من المعرفة. إلا أننا نستطيع القول بأن علم الخرائط كعلم له منهجه وقواعده العلمية وأساليبه المتعددة لم يتم بزوغه على الساحة العلمية إلا على أيدي اليونانيين القدماء.

الخرائط الإغريقية (اليونانية)

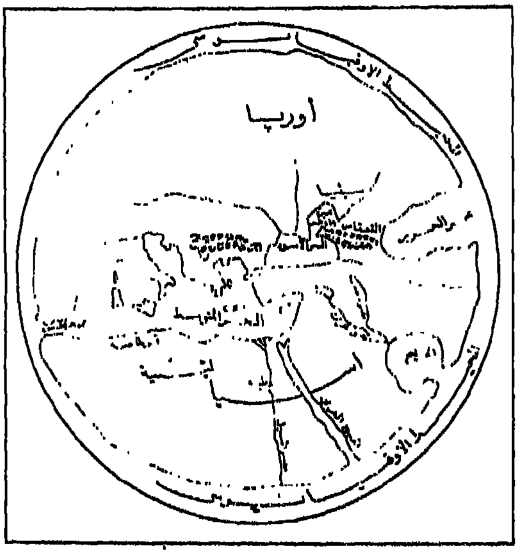
يعد اليونانيون القدماء واضعي أسس الكارتوجرافية الحديثة إلى حد كبير، ووصلوا في تطويره إلى مرتبة لم يبغلها هذا العلم ثانية حتى القرن السادس عشر الميلادي. فإلى جانب ولعهم بالكشوف الجغرافية اهتموا بالنظريات التي تفسر طبيعة الكون وماهية الأرض وشكلها وحجمها وموضعها بالنسبة لغيرها من الكواكب. وكان من نتيجة ذلك أن أصبحوا أول من أدرك كروية الأرض وعرفوا قطبيها والدائرة الاستوائية والمدارين، كما أنهم طوروا نظام دوائر العرض وأقواس الطول، وصمموا مساقط الخرائط الأولى.

وقد استفاد الإغريق في تأسيسهم لعلم الخرائط بما وصل إليه سكان مصر وبابل من تقدم في الفلك والرياضيات، بل أن كثيراً من الأسماء المعروفة في تاريخ الخرائط الإغريقية ارتبطت بوادي النيل ارتباطاً وثيقاً مثل هيرودوت واسترابو وبطلميوس. وقد ذكر المؤرخون بعض أسماء الجغرافيين الإغريق مثل أنكسمندر Anaximander (٦١١ ـ ٤٧ ق.م) الذي صنع خريطة للعالم، وهيكاتيوس Hecataeus (حوالى ٥٠٠ ق.م) الذي طور وعدل خريطة انكسمندر وأضاف إليها وصفاً للعالم المعروف أمكن منه إنشاء خريطة للعالم، وكان يعتقد أن الأرض على هيئة قرص مسطح تحيط به الحياة من كل جانب وهو الاعتقاد الذي كان سائداً لدى البابليين.

وفي بداية القرن الرابع قبل الميلاد صاغ الفلاسفة الإغريق النظرية القائلة بأن الأرض عبارة عن كرة. وقد أقاموا ذلك على أسس دينية وفلسفية وليس على أية أسباب علمية. وظلت هذه الفكرة مجرد خيال يداعب أحلام الفلاسفة إلى أن أمكن تحقيقها بالأرصاد الفلكية حوالى سنة ٣٥٠ ق.م. فثبتت كرويتها ودورانها حول محورها ومدى ميل هذا المحور كما قدرت أبعادها بدقة كبيرة فيما بعد. وقد أيد فكرة كروية الأرض واقتنع بها الفيلسوف الإغريقي أرسطو الذي كان يعلم تلاميذه أن الأرض كرة ثابتة ومتوازنة في مركز الكون، واستطاع أن يثبت ذلك بوضعه ستة براهين، كما استطاع معرفة درجة ميل محور الأرض وقياسه

بصورة صحيحة، وتأيدت فكرة الدائرة الاستوائية والمدارين والقطبين، وقسمت الأرض إلى منطقة حارة، ومنطقة معتدلة، ومنطقة باردة متجمدة، كما نعرفها في وقتنا الحالي.

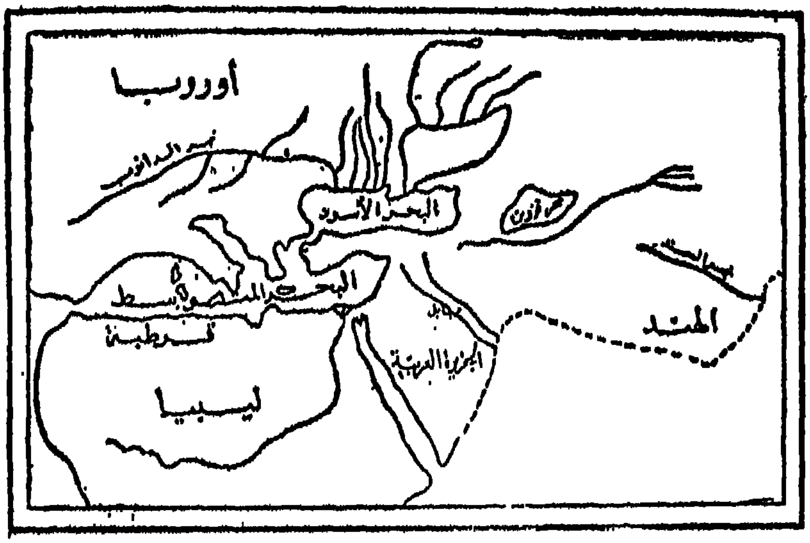
وتوالت بعد ذلك إضافات الإغريق إلى علم الخرائط فظهر علماء مثل هيرودوت الذي قام بتعديل خريطة هيكاتيوس ـ أحد كتاب القرن السادس قبل الميلاد ـ الذي كان يعتقد بأن الأرض كروية الشكل يحيط بها الماء، كما أنه أول من ذكر أن هناك نهراً سمي بالسند (شكل رقم ١٠ ـ ٤). وقد أنشأ هيرودوت



شكل رقم (١٠ ـ ٤): خريطة هيكاتيوس

خريطة للعالم متضمنة الكثير من المعالم التي جمعها بنفسه أو مما وصل إليه من كتابات السابقين (شكل رقم: ١١ ـ ٤). واعتقد هيرودوت بأن العالم عبارة عن صرفة محاطة بالمحيط، وأن السماء تغطيها على شكل قبة، وأن هناك قوة تسيطر على هذا العالم ظهرت في خريطته.

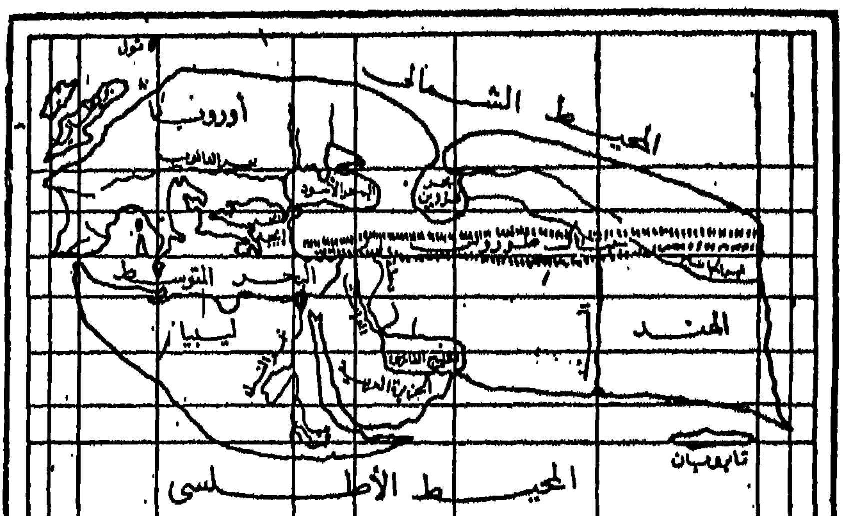
ومن أشهر رواد علم الخرائط الإغريقي إيراتو ستين (٢٧٦ ـ ١٩٦ ق.م) الذي عاش في الإسكندرية ـ التي كانت المركز العلمي الرئيسي في أمبراطورية



شكل رقم (١١ ـ ٤): خريطة هيرودوت

الإسكندر الأكبر ـ وكان أميناً لمكتبتها. وقد قام بتقدير محيط كوكب الأرض وذلك بالاستعانة بمقاييس قدماء المصريين وبما لاحظه من اختلاف ميل أشعة الشمس عن سمت الراصد فيما بين الإسكندرية وأسوان على اعتقاد أنهما تقعان على خط طول واحد. فقد لاحظ أن الشمس يوم ٢١ يونيو (حزيران) من كل عام تكون مرئية في مياه بئر بمدينة أسوان، ومن ثم فهي تكون في ذلك الوقت فوق سمت الراصد مباشرة. وبافتراض أن الإسكندرية تقع إلى الشمال مباشرة من أسوان فقد قدر المسافة بينهما، ثم قاس بعد ذلك زاوية ميل أشعة الشمس عند الإسكندرية ووجدها ٧ درجات تقريباً وقدر قوسها بنحو $\frac{١}{٥٠}$ من الدائرة. ومن هذه الحسابات استطاع أن يحسب طول خط الطول (محيط الأرض)

المفروض أن يكون طوله ٥٠ مرة قدر المسافة بين الإسكندرية وأسوان التي قاسها وكانت ٥٠٠٠ ستدياً (٥٠٠ ميل أو ٨٠٠ كيلومتر). وعلى هنا فإن أي خط طول (محيط الأرض) سيبلغ طوله ٢٥٢٠٠٠ ستدياً أي ٢٤٦٦٢ ميلاً (الميل يبلغ ١٠ أستديات تقريباً). وكان هذا التقدير لمحيط الأرض الذي قام به أراتوستين أقرب التقديرات القديمة فلم يتجاوز الخطأ الذي وقع فيه ١٤٪ من طول محيط الأرض الذي نعرفه اليوم بسبب أنه افترض أن الأرض كرة تامة الاستدارة (وهذا غير صحيح). وقد أنشأ هذا العالم خريطة للعالم المسكون في ذلك الوقت (شكل رقم ١٢ ـ ٤) وكانت على شكل متوازي أضلاع يبلغ طول المنطقة التي يوضحها من الشرق إلى الغرب حوالى ٧٥٨٠٠ ستدياً ومن الشمال إلى الجنوب ٤٦٠٠ ستدياً. وكان العالم عنده ينقسم إلى قسمين: أحدهما شمالي والآخر جنوبي ويفصل بينهما خط عرض رودس، ثم قام بتقسيم كل منهما إلى أقسام فرعية وإن كان أساس هذا التقسيم ما زال غامضاً.



شكل رقم (١٢ ـ ٤): خريطة إراتوستين

وبعد ذلك بمائة عام، توصل بوزيدونيوس Posidenius إلى تقدير آخر لمحيط الأرض عن طيق رصد النجوم، ولكن تقديره كان أقل دقة من تقدير إراتوستين، كما كان أصغر كثيراً من الطول الحقيقي لمحيط الأرض، إذ كان أقل منه بمقدار الربع. فقد قدر بوزيدونيوس الفرق بين الإسكندرية ورودس بنحو ١٥′ ٥° بدلاً من ٣٠′ ٧°، كما أنه قدر طول الدرجة بخمسمائة ستدياً بالرغم من أن إيراتوستين قدرها بسبعمائة ستديا. وكان من نتيجة هذا الخطأ أن بلغ تقديره لمحيط الأرض ١٨٠٠٠ ميل فقط (نحو ٢٨٨٠٠ كيلومتر). ومن سوء الحظ أن هذا التقدير هو الذي استخدمه صناع الخرائط فيما بعد ومنهم بطلميوس نفسه، كما أنه لسوء الحظ أو من حسن الحظ أن كرستوفر كولميس أخذ بهذا التقدير، واعتقد خطأ في القرن الخامس عشر الميلادي أن أمريكا هي آسيا، وأن الأرض في اعتقاده المبني على هذا الخطأ كانت أصغر بكثير مما هي عليه الآن، وربما ما كان قد أقبل على رحلته التي اكتشف فيها الأمريكتين لو كان قد عرف الحقيقة، أو كان قد أخذ بتقدير إيراتوستين.

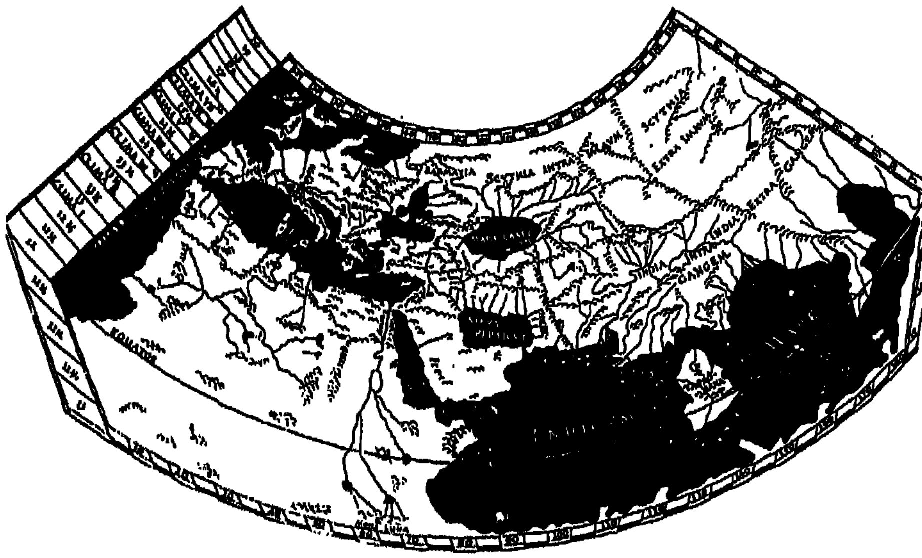
وقد طور هيباركوس Hipparchus الفلكي اليوناني الذي عاش في منتصف القرن الثاني قبل الميلاد (١٩٠ ـ ١٢٥ ق.م) أفكار إيراتوستين في صناعة الخرائط، وأدخل تحسينات على الإسترلاب التي استخدمت في تحديد خطوط الطول والعرض والتي أكد على ضرورة تعيينها لعدد كاف من الأماكن قبل محاولة تجميع الخريطة، كما اقترح أن تكون شبكة خطوط الطول والعرض منتظمة والمسافات بينهما متساوية. ونظراً لاعتماده على تقدير بوزيدونيوس لمحيط الأرض (١٨٠٠٠ ميل) فقد قسم خط الاستواء إلى ٣٥٠ درجة طولية وتبعاً لذلك أصبحت المسافة بين كل خط طول وآخر ٤٠ ميلاً بدلاً من ٦٠ ميلاً. وقد حاول تعديل خريطة إيراتوستين ولكنه لم يوفق في رسم خريطة العالم إذ لم يوفق إلى المسقط المناسب.

أما مارنيوس الصوري Marinus of Tyre الذي عاش في القرن الأول الميلادي فقد طور بعض من مساقط الخرائط التي وضعها السابقون له، والتي كانت

تبين خطوط الطول والعرض كخطوط مستقيمة وتتجاهل تقاربها نحو القطبين. ولكن لم يبق شيئاً من كتاباته، وإنما بقيت خرائطه والتي تعرضت للفحص والتنقيح من قبل بطلميوس بعد ذلك. في كتابه المشهور «الجغرافيا».

ويعد العالم الإغريقي الأصل مصري المولد كلاديوس بطلميوس Claudius Ptolemy (٩٠ ـ ١٦٨ م) أشهر علماء الخرائط الإغريق، بل يعد بحق واضع أسس الكارتوجرافيا العلمية، وقد عاش في الإسكندرية وأتيح له الاتصال بمكتبتها ومتحفها. وقد كتب بطلميوس عددا من المؤلفات الهامة من أعظمها كتاب المجسطي The Amcagest، والجغرافيا The Geographia. ويحتوي المجسطي على أرصاده ونظرياته الفلكية والعلمية والتي ظلت سائدة لمدة أربعة عشر قرناً حتى حلت اكتشافات نيوتن محلها. أما كتابه «الجغرافيا» فيقع في ثمانية أجزاء: خصص الجزء الأول فيها لدراسة أسس صناعة الخرائط، واحتوت الأجزاء الستة التالية على قائمة بأسماء ثمانية آلاف موقع مع تقدير خطوط الطول والعرض لكل منها. ويحتوي الجزء الثامن على مناقشاته لعلم الخرائط والجغرافية الرياضية وطرق الرصد الفلكي، وإرشادات مفصلة عن كيفية إنشاء خريطة العالم، ووضع مسقطين من مساقط الخرائط كلاهما محوَّر عن المسقط المخروطي. وجاء مع كتابه هذا خريطة العالم (شكل رقم: ١٣ ـ ٤) وست وعشرون خريطة تفصيلية لأجزاء العالم المختلفة. وظلت خريطته للعالم أحسن من أي مثيل لها، حتى في خرائط القرن الخامس عشر نفسه.

ويعاب على خرائط بطلميوس بعدم صحتها وكثرة الأخطاء فيها والتي كانت مصدرها هو تقديره لطول محيط الأرض بأقل من الواقع بكثير، فقد اعتقد أن مساحة أوروبا وآسيا تغطي نحو نصف امتداد الأرض ـ أي ١٨٠ درجة ـ والتي يفي الحقيقة تغطي امتداد يبلغ ١٣٠ درجة فقط. كما بالغ كثيراً في مساحة جزيرة سيلان (سيرلانكا)، وأظهر المحيط الهندي كبحر مغلق نتيجة مبالغته في امتداد قارة إفريقيا نحو الشرق، كما أنه فشل في تصور الهند كشبه جزيرة واضحة. ولكن بالرغم من كل هذا التصور، فإن الخرائط التي رسمها بطلميوس تعد قمة الكارتوجرافيا اليونانية، ورغم أن صناع الخرائط من العرب في العصور



شكل رقم (١٣ـ ٤): خريطة بطلميوس

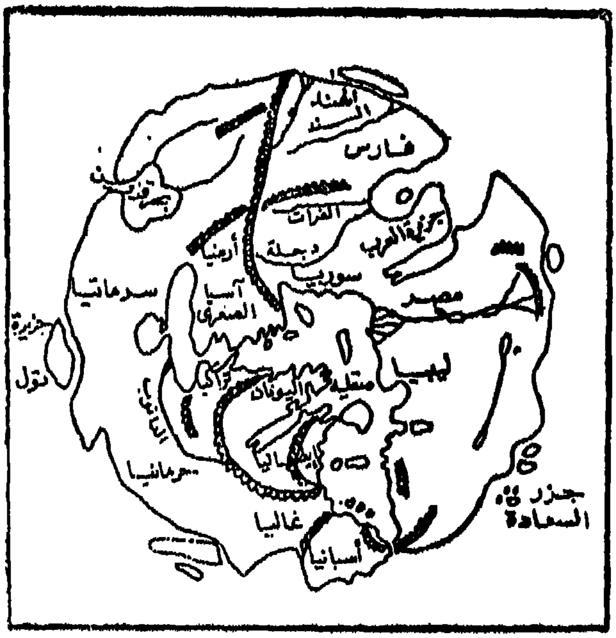
الوسطى كانوا يستخدمون كتاب الجغرافيا لبطلميوس، إلا أنه كان لاختفاء هذا الكتاب في أوروبا لفترة طويلة امتدت حتى أوائل القرن الخامس عشر الميلادي، عندما ترجم إلى اللاتينية أثر على الكارتوجرافيا الأوروبية في ذاك الوقت، لأنه كان يعني اختفاء مفهوم كروية الأرض. ولهذا فقد ارتد معظم صناع الخرائط في فترة ما بعد بطلميوس إلى الفكرة القديمة التي كانت تذكر أن الأرض عبارة عن قرص مستدير يطفو على سطح المحيط. وتعد جهود بطلميوس ختام قصة الكشوف القديمة، وبعده لم تعد تحتوي الكتب اليونانية معلومات جديدة، كما أخذ العصر المزدهر في صناعة الخرائط ـ بعده ـ يسدل ستاره إيذاناً ببدء عصر مظلم في الخرائط أخذ يخيم رويداً رويداً.

الخرائط الرومانية

ظهر الرومان كقوة عظمى تسيطر على البحر المتوسط الذي أصبح بمثابة

بحيرة رومانية تحيط بها المقاطعات والأقاليم الرومانية، ودعى اتساع الأمبراطورية الرومانية إلى إنشاء شبكة كبيرة من الطرق بقصد تسهيل التجارة وانتقال الجنود إل مناطق حدود الأمبراطورية التي كانت تتعرض لغارات متواصلة من الفرس والبرابرة. ومن هنا ولدت الحاجة إلى إنشاء خرائط لهذه الطرق على الأقل. ومن ثم يمكن القول إنه إذا كانت الخرائط الإغريقية تسود فيها النزعة العلمية، فإن الخرائط الرومانية كانت تتجه وجهة عملية. فلم يعر الرومان أهمية تذكر لدراسة نظام خطوط الطول والعرض والأرصاد الفلكية وما يتبعها من دراسة لمساقط الخرائط التي ازدهرت عند الإغريق، ولم تكن الخرائط في نظرهم إلا وسيلة تخدم أغراضهم الحربية والإدارية. وتنعكس هذه النظرة العملية في تلك الخريطة التي عرفت باسم «لوحة بوتنجر» ـ التي ترجع إلى القرن الثالث الميلادي ـ واكتشفت في سنة ١٢٦٥ م وتعرضت لكثير من الإضافات من العالم كونراد بوتنجر Conrad Pautinger ـ وهي ليست خريطة بالمعني المعروف وإنما هي نوع من خرائط الطرق التي انتشرت إبان حكم الرومان. وفضلاً عن هذه اللوحة أنشأ الرومان خريطة للعالم ـ رسمت على شكل دائرة ـ عكست نظرتهم إلى العالم باعتباره قرصاً مستديراً تتوسطه عاصمة الأمبراطورية الرومانية، وقد ظهرت روسيا والهند والصين على شكل بقاع هامشية صغيرة تحيط بأرض الأمبراطورية (شكل رقم: ١٤ ـ ٤)، كما وضعوا الشرق Orientõ من أعلى الخريطة ـ وهو الأمر الذي أخذه عنهم صناع الخرائط في العصور الوسطى. وتشبه هذه اللوحة من هذه الناحية الخرائط الصينية القديمة التي كانت الصين تشغل فيها معظم اليابس وتتناثر حولها بقاع العالم على شكل جزر صغيرة. وبذلك ارتدوا إلى الفكرة القديمة عن الأرض بأنها قرص مستدير مسطح.

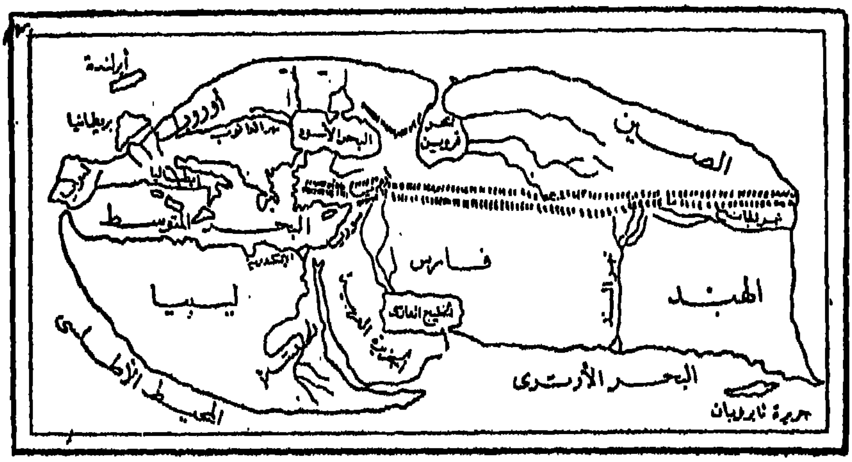
ومن أشهر العلماء الرومان الذي ارتبط التفكير الجغرافي بهم هو الفيلسوف استرابو الذي تلقى علومه في روما والإسكندرية. وقد استمد خطة عمله واستندت آراءه العلمية على فكر إراتوستين، واعتقد بأن هناك قارات من المعمورة لم تعرف بعد. غير أنه كانت لديه فكرة واهية عن شكل وتكوين قارة



شكل رقم (١٤ ـ ٤): خريطة العالم الرومانية

أوروبا وبصفة خاصة النظام الجبلي في كل من فرنسا وإسبانيا، فذكر أن جبال البرانس تمتد من الشمال إلى الجنوب. وقد اختلف عن إيراتوستين في تقديره لمحيط الأرض فذكر أنه يتراوح ٣٧٥٠ و ٣٨٦٢ ميل. كما ذكر بأن هناك منطقة مدارية توجد في منطقة الجبال التي تقع عند خط الاستواء، وقد قام استرابو بإنشاء خريطة للعالم المعروف في ذلك الوقت (شكل رقم: ١٥ ـ ٤) تكاد تتطابق مع خريطة إيراتوستين.

وعلى الرغم من الجهود المتواضعة لم يسهم الرومان بنصيب كبير من الخرائط، كما أن الأثر الوحيد الذي تركته الجهود الرومانية هو تأثيرها السيء في خرائط العصور الوسطى في أوروبا حيث سادت فكرة القرص المستدير للعالم والذي يحيط به البحر من جميع اتجاهاته، كما طُرحت جانباً فكرة كروية الأرض التي كان أحياؤها في أوروبا في عصر النهضة هو الدافع الأساسي للكشوف



شكل رقم (١٥ ـ ٤): خريطة العالم عند إسترابو

الجغرافية وما ترتب عليها من تقدم في علم الخرائط.

الخرائط في العصور الوسطى

(١) الخرائط الأوروبية

شهدت الفترة بعد سقوط الأمبراطورية الرومانية توقفاً في الكشف الجغرافي واضمحلالاً وركوداً في الفكر الجغرافي، كما أصبحت الكنيسة هي المكان الفكري الوحيد بين شعوب أوروبا، واتخذ الكتاب المقدس أساساً للكتابات الجغرافية التي كان الغرض منها تثبيت المعتقدات المسيحية لا الكشف عن حقائق علمية جديدة عن العالم. وكان نتيجة لذلك أن تدهورت الخرائط وبدأت تسلك طريقاً طويلاً مظلماً حتى عصر النهضة. ولم تترك لنا الخرائط الأوروبية في العصور الوسطى إلا بعض الجهود التي لم تكن تتعدى تعديلات طفيفة على خريطة العالم الرومانية حتى تتلاءم مع تعاليم الكتاب المقدس.

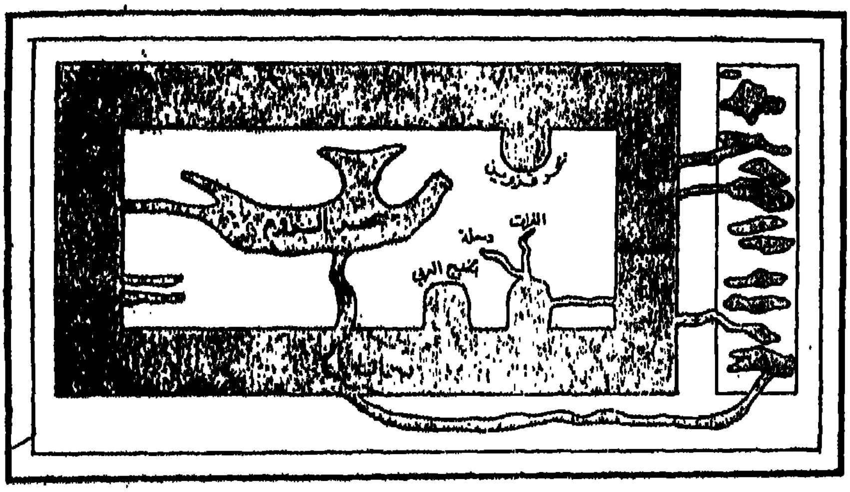


شكل رقم (١٦ ـ ٤): الهيكل العام للخرائط (T-in-O) الأوروبية في العصور الوسطى

وكان الاعتقاد السائدة لدى الجغرافيين المسيحيين في العصور الوسطى بأن الأرض مسطحة مما حدى بهم إلى رسم خريطة للعالم على غرار خريطة العالم الرومانية المستديرة كالقرص، ولكن مع تعديل بسيط لكي تتناسب الخريطة مع التعاليم المسيحية، وذلك بأن جعلوا أورشليم (القدس) تحتل مركز العالم، والجنة في أعلى الخريطة ـ وبذلك كان توجيه الخريطة نحو الشرق وهو أعلى الخريطة. وساد في هذه الفترة نوع من الخرائط كان يطلق عليه اسم خرائط T-in-O (شكل رقم: ١٦ ـ ٤). ويمثل شكل حرف O حد الأرض (العالم؟) فهو على شكل قرص مستدير، أما شكل حرف T داخل الدائرة فيكونه: خط أفقي يمتد من نهر الدن Don على اليسار إلى نهر النيل على اليمين ـ ليمثل كلاً من البحرين الأسود والأحمر، وخط آخر عمودي عليه يمثل البحر المتوسط، وقد احتلت آسيا النصف العلوي من الخريطة، بينما شغلت أوروبا القسم الأيسر من الجزء السفلي المقابل لقارة إفريقيا التي شغلت القسم الأيمن منه. وقد تنوعت هذه الخرائط تنوعاً كبيراً سواء في التفاصيل أو الحجم، ولكن لم يبقب لنا منها إلا قدر يسير.

ويتضح التدهور في الخرائط الأوروبية في العصور الوسطى بصورة جلية. إذا قارنا مثلاً بينها وبين الخرائط الإغريقية، إذ كانت الخرائط الأوروبية في العصور الوسطى ترسم إما على مربع مثل خريطة كوزموس أو على شكل شبه بيضاوي مثل خريطة سان بيتوس أو على شكل دائرة مثل خريطة هيرفورد. وتعد خرائط هؤلاء العلماء الثلاثة من أشهر الخرائط الأوروبية في العصور الوسطى.

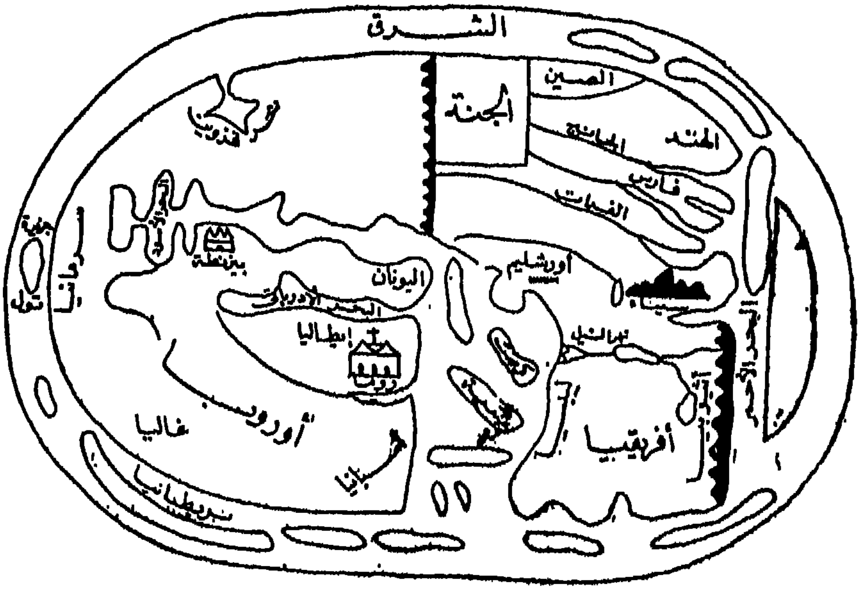
فقد تمكن كوزموس Cosmos (٥٤٨م) ـ الذي ألف كتاب Cosmography، واستخدم توراة موسى في برهنة أن الأرض منبسطة وأن القدس في وسطها ـ من رسم خريطة (شكل رقم: ١٧ ـ ٤) أحاط الأرض فيها ببحر محيط يمتد منه أربعة خلجان هي: البحر المتوسط في الغرب، والبحر العربي والفارسي في الجنوب، وبمركز وين في الشمال. ويحيط بهذا البحر أرض أخرى مرتفعة يوجد بها في الشرق بعض البحيرات التي ينبع منها بعض الأنهار، من هذه الأنهار نهر كبير يصب في البحر الروماني أو البحر المتوسط ـ والذي ربما يمثل نهر اليل ـ



شكل رقم (١٧ ـ ٤): خريطة العالم كما رسمها كوزموس عام ٥٤٨ م

وخريطة كوزموس هذه تنكر كروية الأرض، إذ كان يعتقد كوزموس بأن الأرض على شكل مسطح كبير طوله يبلغ ضعف عرضه.

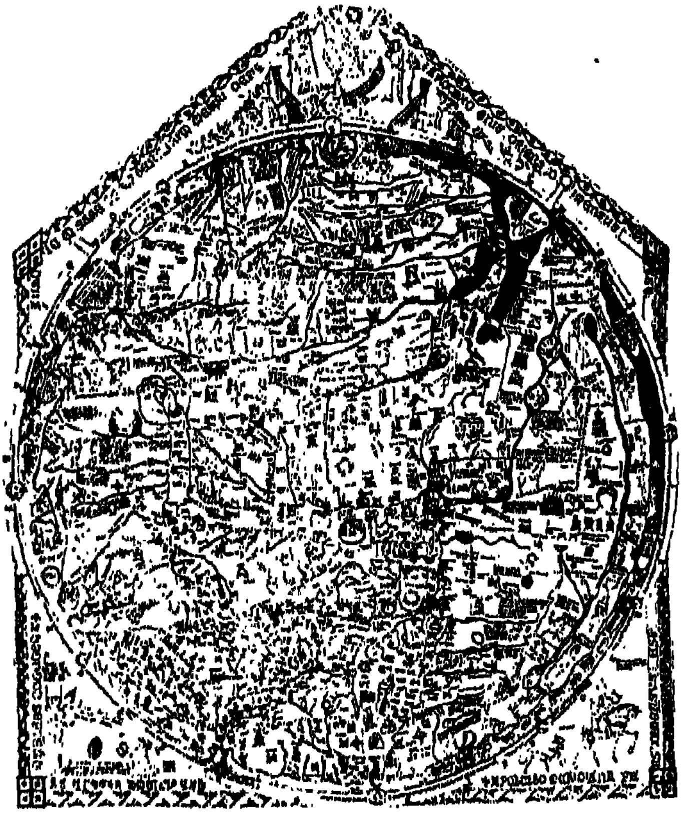
وفي القرن الثامن الميلادي أعد أحد الكهنة الإسبان يدعى سان بيتوس St. Beatus (٧٧٦ م) خريطة معدلة لخريطة العالم الرومانية، وظهر هذا التعديل في شكل الأرض حيث اتخذت شكلاً شبه بيضاوياً (قريباً من القطع الناقص)، أي أنها ظلت محافظة على فكرة أن الأرض على شكل قرص مستدير. وقد احتلت آسيا فيه النصف العلوي في حين اقتسمت أوروبا وإفريقيا النصف الباقي بالتساوي تقريباً، ووضع القدس في المركز (شكل رقم: ١٨ ـ ٤).



شكل رقم (١٨ ـ ٤): خريطة العالم كما رسمها سان بيتوس عام ٧٧٦ م

أما هيرفورد Hereford فقد رسم خريطة للعالم، في نهاية القرن الثالث عشر الميلادي (١٢٨٠ م)، تتخذ شكل دائرة ـ أي على أساس أن الأرض كروية ـ، وهي تبين أشكالاً خرافية لأشخاص نصفها الأعلى من البشر ونصفها الأسفل من الماعز وغير ذلك من الحيوانات الخرافية، كما تبين ثروة من التفاصيل الخاصة بالتوراة مع السيد المسيح من أعلى الخريطة. أما المساحات الأرضية ففيها تحريف كبير. وتوضح هذه الخريطة مدى التدهور التي وصلت إليه الخرائط بعد ما يقرب من ألف سنة من عصر بطلميوس، إلا أن أهمية هذه الخريطة هي أنها حفظت فكرة كروية الأرض، كما قسمت الأرض إلى النطاقات التي طورها الإغريق من قبل. وهذه الخريطة محفوظة في مكتبة الكونجرس

الأمريكية (شكل رقم: ١٩ ـ ٤).



شكل رقم (١٩ ـ ٤): خريطة هيرفورد (١٢٨٠ م)

(٢) الخرائط العربية

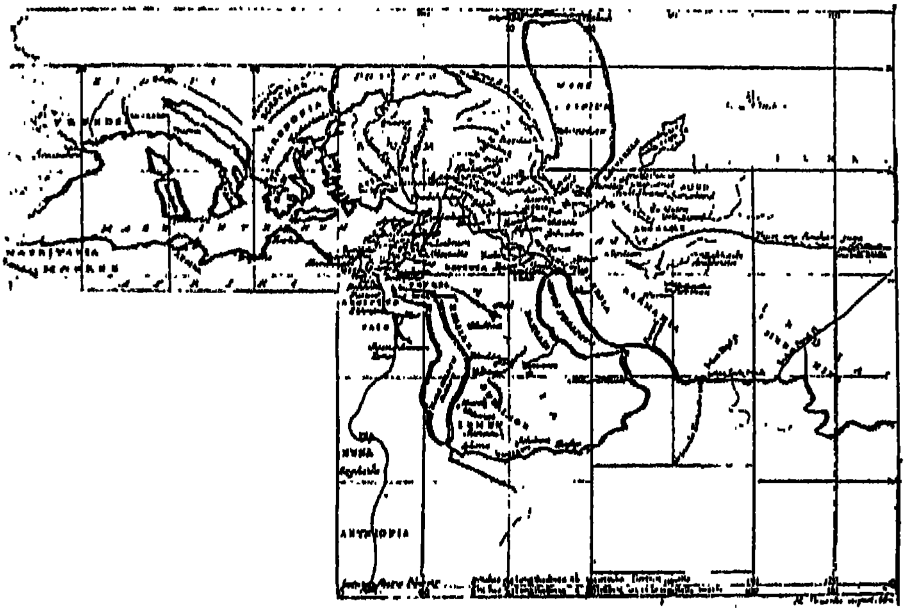
في الفترة التي تدهورت فيها الخرائط الأوروبية إبان العصور الوسطى، والتي يسميها الباحثون بالفترة المظلمة في تاريخ الخرائط، كان العرب والمسلمون يحملون مشاعل الثقافة والفكر العلمي، فقد واصلوا حمل التراث الخرائطي (الكارتوجرافي) اليوناني القديم، وأضافوا عليه، ثم صبوا كل ذلك

في قالب علمي من صنعهم الخاص. فقد أعاد العرب حساب طول الدرجة ووصلوا إلى نتائج دقيقة، وأنشأوا نماذج للكرات السماوية، كما أنهم درسوا مشكلة مساقط الخرائط.

وقد كان تقدم الخرائط العربية تابعاً ومحدداً بمدى تطور المعرفة الجغرافية ذاتها. ولذلك فلم تحتل الخرائط العربية مكانة بارزة في النهضة العلمية العربية فيما بين القرنين السابع والثاني عشر الميلادي إلا بعد أن انتقلت المعرفة الجغرافية والدراية بالخرائط من أوروبا إلى المراكز العلمية الكبّيرة في بغداد وقرطبة ودمشق، وبعد أن ترجمت الكتب القديمة لا سيما كتب اليونان على وجه الخصوص. وقد ظل العرب يحافظون على هذا التراث وتقدمت معرفتهم الجغرافية شوطاً عما كانت عليه في عصر بطلميوس حتى البعث العلمي الغربي إبان عصر النهضة وذلك عبر العصور الوسطى، وتم ذلك رغم عدم وجود اتصال مباشر بين الخرائط العربية والأوروبية. ولذلك لم تكن النهضة في العلوم الرياضية والفلكية التي قامت في روما أكسفورد وباريس في القرن الثالث عشر إلا انعكاس للجهود العربية الإسلامية في ميدان الخرائط.

وكان مما ساعد العرب على تفوقهم في علم الخرائط درايتهم الواسعة بالفلك والرياضيات وهي أمور تتصل بالدين الإسلامي (معرفة الاتجاهات، وطرق تحديد القبلة، وأوقات مراقبة الهلال، فاهتم العرب نتيجة لذلك بالدراسات الفلكية)، ورحلاتهم ونظام حياتهم واتساع رقعة دولتهم الإسلامية واتصالهم بالحضارات الأخرى (كانت فترة الحج فرصة لتبادل الخبرات والمعلومات مع غيرهم من مسلمي الشعوب المختلفة، وكذلك تطلب الأمر تكوين جهاز للبريد ومد شبكة من الطريق التي بانتشارها ازدهرت التجارة وامتد نشاطها إلى أراضي خارج الدولة مما أتاح لكثير من التجار المسلمين أن يدونوا مشاهداتهم في البلاد التي وصلوا إليها). ومما ساعد العرب على هذا التفوق أيضاً، تشجيع كثير من الخلفاء المسلمين لحركة الترجمة العلمية خلال القرن الثامن الميلادي، والذي شهد ترجمة كتاب «الجغرافيا» لبطلميوس. ومن هنا واصل العرب حمل تراث السلف من الإغريق وقدموا حلقة الوصل أو الحلقة

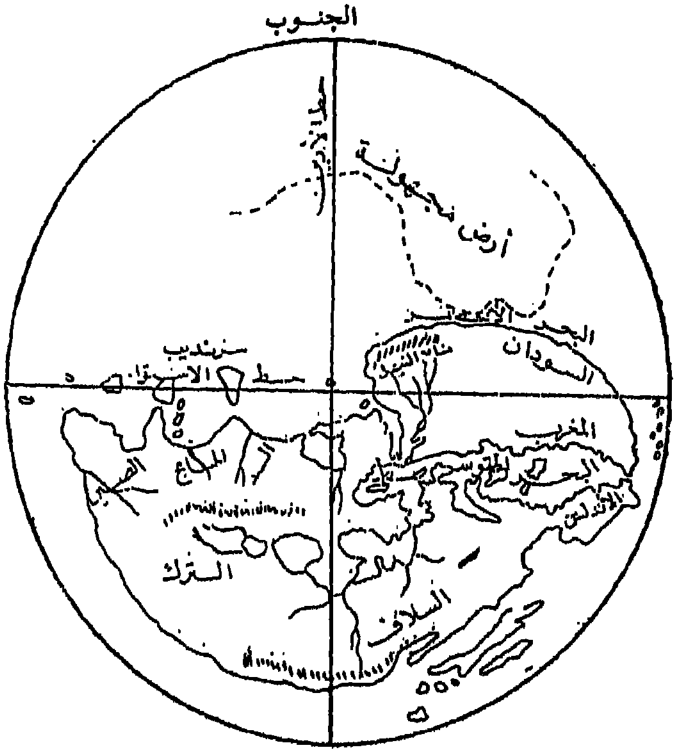
المفقودة بين العلوم القديمة أثناء الفترة الكلاسيكية وبين بعثها الجديد بعد ذلك إبان عصر النهضة في أوروبا. وكان من نتيجة ذلك كله أن ظهر لديهم عدد كبير من الجغرافيين وراسمي الخرائط منهم الخوارزمي الذي ألف كتاب صورة الأرض في النصف الأول من القرن التاسع الميلادي. وقد فقدت معظم الخرائط التي رسمها. وتمثل الخريطة بالشكل رقم (٢٠ ـ ٤) إحدى الخرائط التي ساهم في رسمها الخوارزمي مع آخرين وتعرف «بخريطة المأمون» التي تصدر العالم.



شكل رقم (٢٠ ـ ٤): الخريطة المأمونية التي تصدر العالم
في عهد الخليفة المأمون

وكان أبو حسن علي المسعودي أشهر صناع الخرائط العرب في هذه الفترة المتقدمة، وقد حقق المسعودي اطلاعاً واسعاً على المؤلفات الجغرافية التي تيسرت له في عهده، وسجل خبراته في كتابه المشهور «مروج الذهب ومعادن

الجوهر». وتعد خريطة المسعودي عن العالم (شكل رقم: ٢١ ـ ٤) من أدق

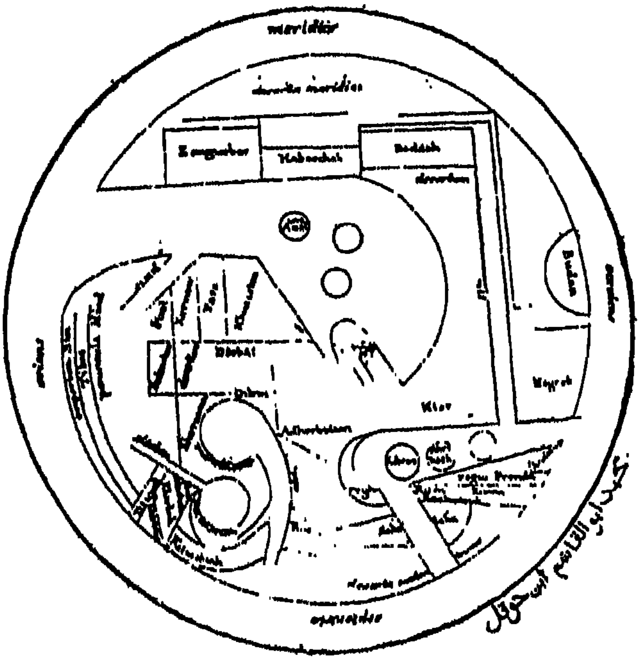


شكل رقم (٢١ ـ ٤): خريطة المسعودي

الخرائط العربية، وكان يعتقد في استدارة الأرض، وضمن خريطته هذه خطين متعامدين هما: خط الاستواء ماراً بجزيرة سَرنديب (سيلان) وخط الأرينْ مارا بجزيرة زنجبار. كما كان يعتقد بوجود كتلتين من اليابيس تعملان على حفظ توازن الأرض، إحداهما في البحار الجنوبية، والأخرى على الجانب الآخر من العالم المعروف.

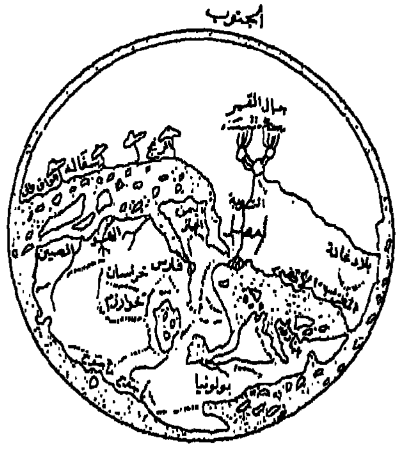
وقد ظهر في الفترة نوع آخر من الخرائط أشبه ما يكون بالكارتوجرام، فقد كان نوعاً فريداً بالنسبة للخرائط العربية، تلك هي خريطة العالم لابن حوقل. ويتضح لنا من دراسة هذه الخريطة أن السواحل بها تظهر إما على شكل

خطوط مستقيمة أو على هيئة أقواس من دوائر، وتظهر الجزر والبحار الداخلية مثل بحر قزوين وبحر آرال على هيئة دوائر كاملة مرسومة بطريقة هندسية (شكل رقم: ٢٢ ـ ٤).



شكل رقم (٢٢ ـ ٤): خريطة ابن حوقل للعالم

على أن أعظم إضافة قدمها العرب لعلم الخرائط (الكارتوجرافيا) هي خريطة الإدريسي للعالم في عام ١١٥٤ م، وقد رسمها حين كان مشمولاً برعاية وغدق الملك روجر الثاني ملك صقلية الذي صنع له الإدريسي كرة أرضية من الفضة وكتب عليها بحروف عربية كل ما كان يعرفه من البلدان المختلفة، وقد فقدت هذه الكرة، وأصبح كتابه «نزهة المشتاق في اختراق الآفاق» عوناً للمستكشفين البرتغال في القرن الخامس عشر على ارتياد الأماكن المجهولة، كما كان عوناً للجغرافيين الغربيين في توسيع مداركهم وزيادة معارفهم. واعتقد الإدريسي بأن «الأرض مدورة كتدوير الكرة، والماء لاصق بها، راكد عليها



شكل رقم (٢٢ أ ـ ٤) رسم تخطيطي لخريطة العالم الإدريسي (١١٥٤م.).

ركوداً طبيعياً لإيقافها، والأرض والماء مستقران في جوف الفلك كالمحة في جوف البيضة. . .» وقد احتوى كتاب الإدريسي على خريطة للعالم المعروف التي رسمت على مستطيل من الفضة تبلغ أبعاده ١٤×١٠ أقدام ووزنه أربعمائة رطل رومي، وهي بذلك تكاد تعد أكبر الخرائط القديمة للعالم. وقال الإدريسي في كتابه أنها تضمنت «صور الأقاليم ببلادها وأقطارها، ومواقع أنهارها، وعامرها وغامرها، والطرقات والأميال والمسافات والشواهد. . .» وقد تضمنت خريطة الإدريسي كذلك معلومات من كلا المصدرين: الغرب المسيحي، والشرق الإسلامي. وترجع أهمية هذه الخريطة بالنسبة للغربيين إلى ثروة المعلومات الخاصة بالجزء الآسيوي، ومنطقة الشرق الأدنى ووسط آسيا بصفة خاصة. وقد رسم الإدريسي خرائط أخرى واستخدم الألوان فيها، فظهرت البحار باللون الأزرق، ظهرت الأنهار باللون الأخضر، والجبال باللون الأحمر والبني والأرجواني، ورسمت المدن بدوائر مذهبة. ويلاحظ على خريطة الإدريسي، وكل الخرائط العربية الأخرى، أنها موجهة نحو الجنوب ـ أي أن اتجاه الجنوب يكون في أعلى الخريطة. ويرجع السبب في ذلك إلى اتجاه

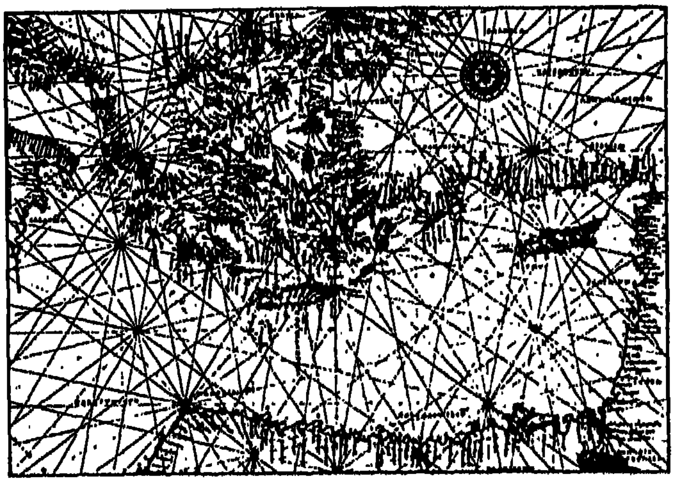
الجنوب هو أهم اتجاه بالنسبة للعرب والمسلمين كافة، إذ أنهم يطلون من خلاله نحو مكة المكرمة.

وصفوة القول أن الفترة المقترنة باسم الإدريسي في تاريخ الخرائط العربية تعد الأوج الذي بلغته فن رسم الخرائط عند العرب ولكنها تحمل في نفس الوقت بوادر اضمحلالها. فإذا كان الخوارزمي يمثل بداية المذهب البطلمي في رسم الخرائط عند العرب فإن الإدريسي يمثل نهايته. ورغم ذلك فإنه يمكن القول بأن الإدريسي كان يمثل وجهة النظر الغربية في فن الخرائط لدى العرب، كما كان يمثل طريقة تفكير العرب لدى الغربيين. ولذلك لم يكن غريباً أن يطلق على الإدريسي «استرابو العرب» وأن يعد أطلسه أهم أثر للخرائط العربية، بل أهم أثر الخرائط العصور الوسطى بأجمعها. ورغم تلك الجهود العظيمة فقد كانت إضافات العرب إلى فن الخرائط إضافات قليلة أثارت دهشة كل من درس الخرائط العربية. فقد عرف العرب إفريقيا الشمالية حتى دائرة عرض ١٠ درجة شمال والساحل الشرقي لإفريقيا حتى مدار الجدي، وعرفوا النصف الجنوبي من آسيا، كما عرفوا أوروبا بأجمعها باستثناء أقصى شمالها، كما لم تقتصر معرفتهم على بلاد الإسلام وحدها، بل تجاوزت بشكل ملحوظ حدود العالم كما عرفه اليونان. وقد كان من المفروض أن تمد الرحلات العظيمة التي قام بها علماء العرب صناع الخرائط العرب بمادة خام يمكن تحويلها إلى خرائط رائعة، ولكننا نجد أن علم الخرائط عند العرب عجز عن إنتاج أطلس للإسلام ـ أو قل أن اتساع أفق المعلومات الجغرافية المكدسة لم يجد انعكاساً كافياً في الخرائط العربية المتأخرة. ومهما يكن من أمر فقد ظهرت الخرائط العربية للجهات التي تخفق فوقها راية الإسلام أرقى من خرائط بطلميوس، فضلاً عن أنها أغزر معلومات من قرائنها في أوروبا.

(٣) الخرائط البحرية

ازدادت أواصر الصلة بين الملاحة البحرية وفن الخرائط خلال العصور الوسطى، وبدأ تطور رئيسي في تاريخ علم الخرائط (الكارتوجرافيا) تمثل إنتاج

خرائط بحرية، في أواخر القرن الثالث عشر الميلادي على أيدي القادة البحرين في أسطول جنوة والبندقية، تعرف باسم خرائط «بورتلانو البحرية Portolano Charts» التي تعد أهم ما توصلت إليه العصور الوسطى في فن الخرائط وذلك بمساعدة آلة جديدة هي البوصلة البحرية التي انتشر استخدامها في أوروبا منذ ذلك الوقت. وتعد هذه الخرائط ملائمة لأغراض الملاحة في البحر المتوسط، حيث يظهر عليها سواحل البحر الأسود والبحر المتوسط وجنوب غرب أوروبا بشكل دقيق (شكل رقم: ٢٣ ـ ٤)، ولكن لم تظهر عليها تفاصيل الأراضي الداخلية، كما ظل ينظر إلى الأرض على أنها مستوية. وقد تم رسم معظم هذه



شكل رقم (٢٣ ـ ٤): نموذج من خرائط بورتولانو

الخرائط بواسطة رسامين من إيطاليا (خاصة من جنوة) ومن قطالونيا، واستمر استخدامها في فترة تزيد على الثلاثة قرون (بين ١٣٠٠ حتى ١٦٢٠ م تقريباً).

وقد ظهرت خرائط بورتولاند على شكل خرائط منفصلة أو على شكل أطالس ـ أي مجموعة من الخرائط يضاف إليها تقويم زمني وخريطة للعالم أو بعض البيانات الفلكية ـ ويتصل بهذا النوع الأخير من الخرائط مجموعة من خرائط العالم، عرف أحسنها باسم «الأطلس القطالوني» Catalan Atlas ـ أو

خريطة العالم القطالونية ـ في سنة ١٣٧٥ م. ولا ترجع أهمية هذا الأطلس إلى كونه تصويراً دقيقاً للسواحل فقط، وإنما لأنه أضاف معلومات كثيرة عن آسيا استخلصت من سجلات الرحالة والمسافرين (مثل ماركوبولو) في القرنين الثالث عشر والرابع عشر.

وتتميز خرائط البورتولاند بأن معظمها كان مرسوماً على الجلد الرقيق وتبين بالدرجة الأولى البحر الأسود والبحر المتوسط وجزء من ساحل أوروبا، المطل على المحيط الأطلسي، وهي المناطق التي كانت مجال نفوذ تجار البندقية وجنوة. وكان يتم توجيه هذه الخرائط بالاعتماد على البوصلة، واقتصرت الكتابة فيها على الموانيء وبعض المظاهر الساحلية الأخرى، وقد ترك سطح اليابسة دون تظليل أو مزيناً بأعلام وصور الملوك، ويرد في بعض الأحيان ذكر بعض الأنهار وقليل من المدن الداخلية. ولعل أوضح ظاهرة في هذه الخرائط شبكة الخطوط التي تغطي سطح الخريطة والتي تتفرع من نقطتين أساسيتين من شرق وغرب البحر المتوسط قرب حدود الخريطة وذلك في جميع الاتجاهات. وذلك بهدف مساعدة البحارة في التعرف على طريقهم في البحر. كما ظهر واضحاً على هذه الخرائط نظام وردة البوصلة واستخدامها لألوان متشابهة في توضيح مظاهر الخريطة الهامة، فرسمت السواحل باللون الأسود، وكتبت أسماء الموانيء باللون الأحمر وأسماء الجزر باللون الذهبي.

وكان لوجود خرائط البورتولاند في فترة الكشوف الجغرافية ـ التي بدأها ربابنة السفن البرتغاليين ـ أثر كبير في نجاح هذه الكشوف، إلا أنه بحلول القرن السابع عشر بدأت الخرائط البورتولانية في التدهور وظهرت الخرائط التي تعتمد في إنشائها على استخدام نظام خطوط الطول والعرض.

الخرائط في عصر النهضة

يعزى نهضة الخرائط بعد فترة العصور الوسطى إلى ثلاثة أسباب رئيسية ساعدت على التطور السريع في تلك الفترة وهي: (١) إحياء «جغرافية» بطلميوس؛ (٢) استخدام الحفر والطباعة؛ (٣) الكشوف الجغرافية العظيمة.

فكتاب الجغرافيا لبطلميوس ترجم إلى اللاتينية حوالى ١٤٠٥ م. وإن استعادة خرائطه أدى إلى تطور كبير في علم الخرائط. ولكن أخطاءه استمرت في هذا العصر، وهو ظهور البحر المتوسط أكثر طولاً، نتيجة نقص تقديره لطول الدرجة، واستمر هذا التشويه في معظم خرائط القرن السادس عشر. وكذلك وضع النهر الكبير يجري عبر الصحراء الكبرى. وأن تخمينات بطلميوس القليلة لحجم الأرض، هي التي أقنعت كولمبس بأنه يستطيع الوصول إلى آسيا عن طريق الإبحار غرباً.

ورغم ذلك فقد ظهر التجديد على ما اقتبس في ذلك العصر، فتغيرت أسماء المواقع تماماً، ورسمت خرائط جديدة وضعت كملاحق لخرائط بطلميوس وأقدمها كانت لأسكندنافيا، وعمل راسم هذه الخريطة على تغير الرسوم الكلاسيكية، فأضاف إليها النرويج وإيسلندا والقسم الجنوبي من جرينلند. (وهذا أول اجتياز رافق رسوم الخرائط إلى ما وراء الأطراف الشمالية للعالم القديم).

وقد ساهمت وسائل الحفر والطباعة على تطور الخرائط في هذه الفترة، حيث كانت الخرائط السابقة ترسم باليد مما جعلها مكلفة ومتعبة لطول زمن تنفيذها، ورغم وجود معامل لرسم الخرائط في بعض المدن كما في البندقية، حيث كان يعمل فيها عدد كبير من الرسامين لنقل الخرائط، فإن أثمانها المرتفعة جعلها تقتصر على الدواوين الملكية وقواد البحرية. ولكن دخول الحفر والطباعة مكن من الحصول على آلاف النسخ من الخريطة الواحدة، مما أثر على انخفاض تكاليفها وبالتالي أثمانها. وقد حل النحاس محل الخشب، وأصبح حفر الخرائط عملاً ناجحاً، استخدمت فيه المؤسسات الكبيرة في امستردام والبندقية مئات العمال المهرة.

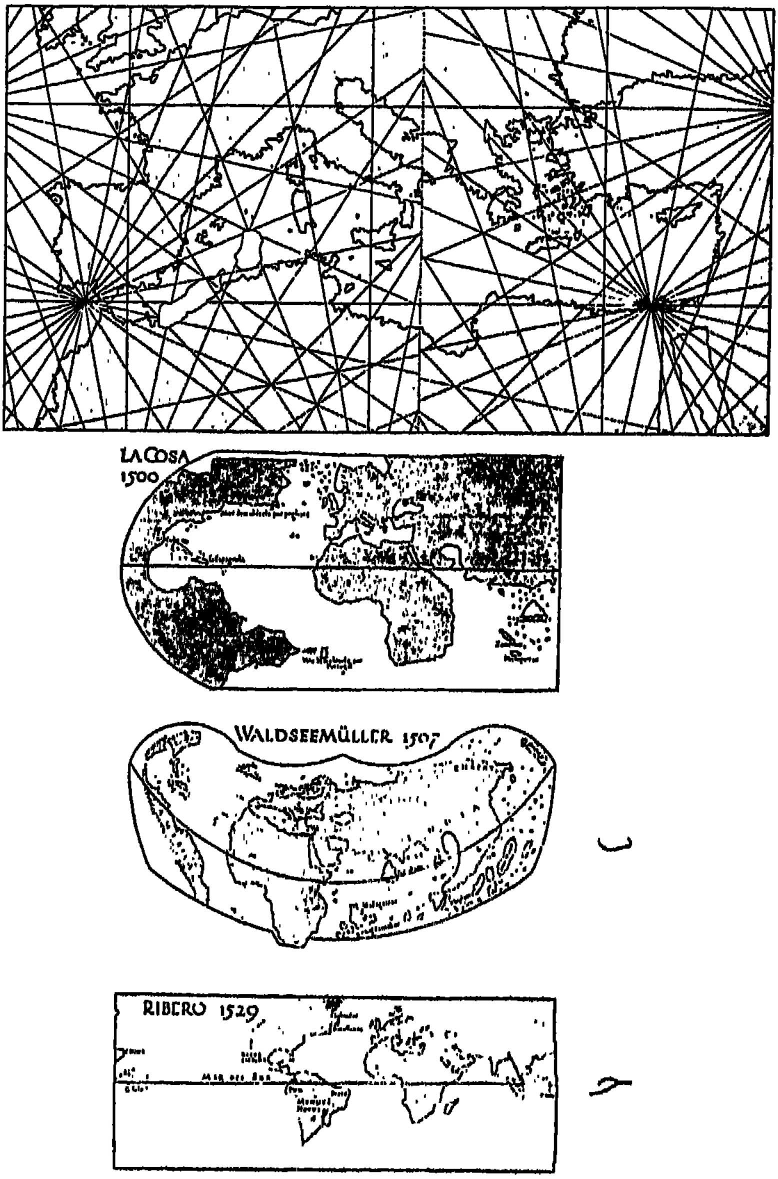
وساعد اختراع البوصلة، وتطوير صناعة السفن الشراعية، إلى توسع الكشوف الجغرافية التي أضافت الكثير عدد امتداد العالم. وبالتالي إمداد راسمي الخرائط بمعلومات جديدة لإدخالها في خرائطهم، كما أنها صححت كل فروض صناع الخرائط في هذا الخصوص.

وهكذا كانت الكشوف الجغرافية الداخلية هي المرحلة النهائية التي أكملت التقدم العظيم الذي حدث في القرون من الخامس عشر حتى السابع عشر، هذا التقدم التي تمخض عن رسم خرائط فرامايرو وجوان دي لاكوزا وجوهانس رويسش وفالدزيمولر وريبيرو وكرة مارين بيهايم وخريطة كونتاريني وخريطة مركيتور التي تعد قمة الفن في رسم الخرائط البحرية. وقد كان على كل هذه الخرائط أن تظهر على خريطة واحدة تجمعها ويستخدم فيها طرق الرسم الحديثة بما تتضمنه من دراسات فنية.

وتعد خريطة فرامايرو للعالم (١٤٧٧) حلقة الوصل بين خرائط العصور الوسطى وعصر النهضة، إلى جانب أنها تمثل تجميعاً لكل خرائط العصور الوسطى. وقد أثرت خريطة بطلميوس على خرائط هذه الفترة بشكل واضح، فقد رسمت خريطة فرامايرو على شكل دائرة قطرها ٦ أقدام و ٤ بوصات على قطعة من الجلد فوق لوح من الخشب. واتبع في رسمها نفس طريقة خرائط البور تلانو، إلا أن وردة البوصلة قد اختفت منها، ووضع الجنوب في أعلى الخريطة، ووضعت القدس في مكان وسط، كما ظهرت مساحة آسيا أكبر بالنسبة لأوروبا، وكذلك ظهر البحر المتوسط بضعف طوله الحقيقي، وذلك بالنسبة لتقارير الرحالة الذين بالغوا في امتداد اليابس شرقاً في ذلك الفترة. وضمت هذه الخريطة جزر أطلق عليها اسم De Zimpangu ولا يعرف أهي اليابان أم لا؟ وإذا كان الأمر بالإيجاب فهذه أول مرة يذكر فيها اسم اليابان على الخرائط، إلا أن موقعها على خريطة فرامايرو كان بعيداً عن موقعها الحقيقي. وخلاصة القول أن خريطة فرامايرو على جانب كبير من الأهمية إذ أنها كانت عاملاً مشجعاً للبرتغاليين في اكتشاف طريق رأس الرجاء الصالح والوصول إلى الهند.

وتعد خريطة جوان دي لاكوزا Juan de la Coza (١٥٠٠ م) أشهر خرائط فترة الكشوف الجغرافية، فقد بينت هذه الخريطة الأراضي التي اكتشفها كابرال Capral في البرازيل، وتلك التي اكتشفها كابوت Cabot في رحلته إلى كندا

وكذلك الطريق التي اكتشفه فاسكوداجاما Vasco da Gama إلى الهند. كما رسم خريطة على طراز البورتولانو التقليدي (شكل رقم: ٢٤ أ ـ ٤).



أ

ب

ج

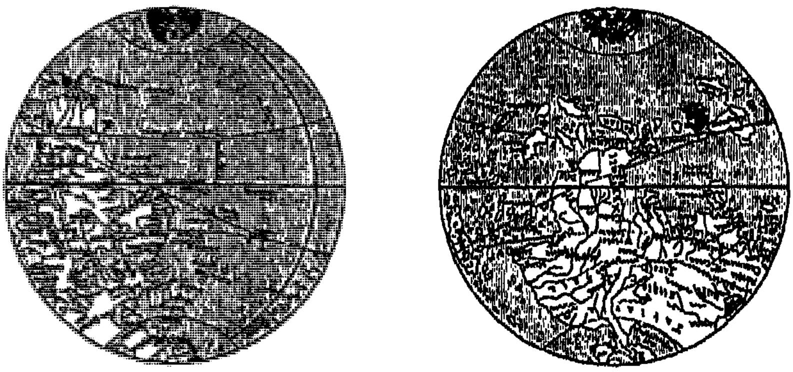
شكل رقم (٢٤ أ ـ ٤): خريطة جوان دي لاكوزا عام ١٥٠٠، وخريطة فالدزيمولر عام ١٥٠٧، وخريطة ريبيرو عام ١٥٢٩

وكانت خريطة فالدزيمولر Waldesseemullerفي سنة ١٥٠٧ أول خريطة، توضح بشكل محدد كلا من أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية بشكل منفصل عن قارة آسيا (شكل رقم: ٢٤ ب ـ ٤)، وبلغت أبعادها ٤,٥×٨ قدم، طبعت على ١٢ لوحة، وهي غنية بتفاصيلها، وفيما عدا المعلومات المتعلقة بالكشوف الجديدة، فإنها بنيت في معظمها على نفس أسس بطلميوس ورسمت على مسقط جديد يشبه مسقط بون Bonne إلى حد كبير. وقد ذكر في الخريطة لأول مرة اسم «أمريكا» نسبة إلى الرحالة الفلورنسي أمريجوفسبوتشي Amerigo Vespu، فقد كتبه فالدزيمولر على القارة الجنوبية، ولم تتقبل كل الخرائط بعده هذا الاسم إلى أن جاء مركيتور وأطلق أيضاً على القارة الشمالية للعالم الجديد.

وبعد رحلة ماجلان انقلب نظام جغرافية بطلميوس، ورسمت أمريكا في موقعها الصحيح على الخريطة، وتم تحديد مضيق ماجلان، وإدراك الاتساع الشاسع للمحيط الهادي. ومن أوائل الخرائط التي توضح هذه الفترة الجديدة عن العالم، هي الخريطة التي رسمها ريبيرو عام ١٥٢٩ حيث ظهرت حدود العالم بصورة واضحة (شكل رقم: ٢٤ حـ ـ ٤). وتم إعدادها على نفس أسلوب خرائط البورتولانو التقليدي. وقد غطت الخريطة المنطقة المحصورة بين القطبين، وظهرت المحيطات كلها فيها. إلا أنه قد بولغ في امتداد السواحل الشرقية لآسيا بحوالى ٢٠ درجة جهة الشرق. وقد ظهر فيها المحيط الهادي صغيراً إلى حد ما، أما البحر المتوسط فقد ظهر دقيقاً إلى حد كبير، وإن كانت منطقة شمال إفريقيا قد ظهرت مشوهة نوعاً. وقد ظهرت السواحل الشرقية للأمريكتين كاملة وكذلك السواحل الغربية لأمريكا الوسطى.

وتعد الكرة الأرضية التي صنعها مارتن بيهايم M. Behaim ـ كنموذج لكوكب الأرض ـ أول كرة أرضيية عرفها العالم (شكل رقم: ٢٤ د ـ ٤). وقد روعي في صنعها عرض المساحات المائية الموجودة بين آسيا وأوروبا، واعتمد في رسم خطوط سواحل العالم (ما عدا سواحل إفريقيا) على خريطة مطبوعة ومنشورة في

ذلك الوقت. وقد حاول صناع الخرائط المتأخرين إدخال الكشوف الجديدة على الإطار الذي وضعه بيهايم.



شكل رقم (٢٤ د ـ ٤) كرة بيهايم

ويبلغ قطرا كرة بيهايم ٢٠ بوصة ويظهر عليها خط الاستواء المداران والدائرة القطبية، وقد قسم خط الاستواء إلى ٢٦٠ درجة، وجعل العالم القديم يمتد ٢٣٤ درجة بدلاً من ١٣١ درجة (معتمداً على تقدير بطلميوس ابتداء من أوروبا حتى السند والذي يبلغ ١٧٧ درجة مضافاً إليها ٥٧ درجة ليصل إلى سواحل الصين). وكان من نتيجة هذا الخطأ اختصار المسافة بين غرب أوروبا وشرق آسيا إلى ١٢٦ درجة بدلاً من ٢٢٩ درجة. ولم يرد ذكر طول الدرجة على الكرة.

أما خريطة كونتاريني Contarini فكانت أول خريطة تظهر نتائج الكشوف الجغرافية. وقد حفرت هذه الخريطة على لوح من النحاس ورسمت على

مسقط يشبه المسقط المخروطي. وظهر على الخريطة خط الطول الرئيسي ممثلاً لخط الطول الرئيسي عند بطلميوس، كما رسم خط الاستواء على الخريطة، وجعل السواحل الشرقية لآسيا في الغرب بينما الجزر التي ذكرها بطلميوس في الشرق، وإذا وضع الجزئين الشرقي والغربي جنباً فإنهما سوف يكونان دائرة تمثل محيط الأرض تقع في ٣٦٠° ، غير أن هذا ليس صحيحاً لأن الخريطة لا تمتد إلا المسافة قصيرة إلى الجنوب من مدار الجدي. وقد بذل مجهوداً لإظهار الهند على الخريطة فوضعها بين الخليج الفارسي ونهر السند بامتداد ضيق نحو الجنوب كما فعل بطلميوس، وظهرت أسماء بعض المدن مثل كلكتا وكوبايت، كما ظهرت على الخريطة جزيرة سيلان ووضعت في موضعهاالصحيح بالنسبة للهند. أما الجزء الغربي من الخريطة فيوضح آراء كولومبس، فالساحل الشرقي لآسيا يشابه مثيله على كرة بيهايم، وظهر على مدار السرطان في شرق آسيا جزر زيمبا نجو (جزر اليابان؟) وبينها وبين إفريقيا جزر أخرى (جزر كوبا؟). إلا أن أهم ما يميز هذه الخريطة أنها لم تشر إلى أمريكا الشمالية على الرغم من بيان الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية عليها، وهو الذي اكتشفه كولومبس في أثناء رحلته الثالثة.

وكان من نتيجة تقدم الكشوف الجغرافية وزيادة الطلب على الخرائط الطبوغرافية للمستكشفين والرحالة أن قامت المطابع بإنتاج كميات كبيرة من الخرائط، وظهرت عدة مدارس لصناعة الخرائط في بعض دول أوروبا وبلاد العالم الأخرى أثناء عصر النهضة، يمكن حصرها فيما يلي:

(١) المدرسة الإيطالية

ازدهرت حركة رسم الخرائط في إيطاليا في النصف الأول من القرن السادس عشر، ووصلت النهضة الإيطالية قمتها في هذا الوقت، وأشهر الخرائط الإيطالية هي خرائط البورتولانو البحرية التي سبق ذكرها، ثم بدأت الخرائط والمخططات ترسم بمساقط منتظمة. وقد أدى إلى تطور صناعة الخرائط في

تلك الفترة تمتع إيطاليا بمركز جغرافي ممتاز وسط العالم المتمدن وتقدم الملاحة بها ومشاركة ملاحيها في الكشوف الجغرافية. وتعد خرائط بورتلان البحرية من أشهر الخرائط التي ظهرت في إيطاليا في ذلك الوقت، كما طبعت جغرافية بطلميوس لأول مرة في إيطاليا في مدينة بولونيا عام ١٤٧٧، كما ظهرت كثير من الخرائط لكل أجزاء العالم المعروف. ومن أهم آثار هذه الفترة هي أطلس لافراري Lafreri (روما ١٥٥٦ ـ ١٥٧٢)، ويضم هذا الأطلس عدداً من الخرائط المطبوعة التي أعدت من قبل أحسن رسامي الخرائط في تلك الفترة. ونتيجة لتحول طرق التجارة الأوروبية من البحر المتوسط إلى المحيط الأطلسي وطريق رأس الرجاء الصالح، وفقدان إيطاليا لمركزها الجغرافي في القرن السادس عشر، وظهور علماء مشهورين في هولندا، فقد أدى ذلك إلى تحول النشاط الكارتوجرافي تدريجياً نحو هولندا.

(٢) المدرسة الهولندية

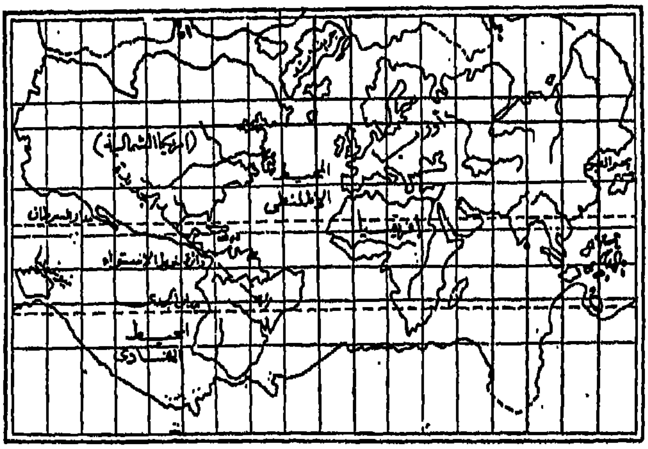
ظهرت في هولندا في الفترة الممتدة من حوالى عام ١٥٧٠ إلى عام ١٦٧٠ مجموعة من أكبر صناع الخرائط في العالم. وكانت صناعة الخرائط قد بدأت هناك في مدينة أنتويرب ثم انتقلت إلى أمستردام، وفي بداية القرن السابع عشر أخذت الخرائط في هولندا تخطو نحو القمة، وتوسع الهولنديون في إنتاج الخرائط الكبيرة. ولم يقتصر الناشرون الهولنديون خلال ذلك القرن على مجرد إنتاج هذا العدد الكبير من الخرائط ولكنهم كانوا يعيدون طبع الخرائط عدة طبعات متتالية، كما نشروها في عدة لغات أوروبية.

وقد كان لموقع هولندا الممتاز وسط قوى كبرى ثلاث في أوروبا هي فرنسا وإنجلترا وألمانيا، جعلها سوقاً للقارة الأوروبية، وأصبحت مدنها التجارية مليئة بالتجار والبحارة من معظم جهات العالم. مما مكن الهولنديين من الحصول على أحدث المعلومات عن أي جزء من العالم. وأوجد من سكانها صانعين للخرائط من الدرجة الأولى، وأصبح إنتاجهم عالي الجودة أكثر من أي

فترة أخرى من تاريخ رسم الخرائط، وأصبحت فترة منتصف القرن السادس عشر، عصراً ذهبياً في علم الخرائط الهولندية، وامتدت إلى أكثر من مائة عام. وإذا كان الكرتوجرافيون الإيطاليون قد أحيوا الكرتوجرافيا الكلاسيكية، فإن الكرتوجرافيين الهولنديين قد نقحوها وزادوا عليها، بل وحرروها بالتأكيد من نفوذ بطلميوس القوي. وكان مما ساعد على تفوق الهولنديين في هذا المجال، هو بروز هولندا كقوة بحرية عظيمة، وكذلك تكوين مستعمرات لها فيما وراء البحاري ـ مما سهّل على صناع الخرائط فيها مهمة جمع المعلومات الدقيقة عن أطراف العالم. لكل هذا يعد عصر المدرسة الهولندية في الخرائط العصر الذهبي للكرتوجرافيا، وظهرت فيه أسماء لامعة مثل جيرادوس مركيتور .G) Mercator، وأورتيليوس Ortelius، وغيرهم من صناع الخرائط. ويمكن باستعراضنا بإيجاز لأعمال بعض أعلام المدرسة الهولندية أن نتبين السمات الأساسية والملامح الأولية للخرائط في هولندا.

أ ـ مركيتور Mercator

يعد مركيتور (١٥١٢ ـ ١٥٩٤) بحق قمة الكرتوجرافيين الهولنديين إذ يرجع إليه الفضل في تخليص رسم الخرائط من تأثيرات بطلميوس، فقد فحص الأعمال السابقة له وقام بكثير من الأبحاث المبتكرة، وجمع كثيراً من المعلومات وقام برحلات كشفية، وضمن كل ذلك في خريطته عن العالم والتي طبعت في عام ١٥٦٩ (شكل رقم: ٢٥ ـ ٤). وإذا قارنا هذه الخريطة بغيرها من خرائط العالم التي طبعت قبلها بمائة سنة، فسوف نجد فارقاً عظيماً. فقد ظهرت شبه جزيرة الهند على خريطة مركيتور بشكلها الصحيح (وإن كانت أصغر من الواقع بكثير)، كذلك تحدد موقع سيلان بدقة، وظهرت أمريكا الشمالية بدرجة معقولة من الإتقان، كما بدأت أمريكا الجنوبية تأخذ شكلها الصحيح. ولكن شهرة مركيتور ترجع إلى مسقط الخرائط المعروف باسمه ـ مسقط مركيتور الذي لا يزال حتى الآن يتمتع بثقة كبيرة بين الملاحين. وفي سنة ١٥٨٥ ظهر أعظم إنتاج لمركيتور، ممثلاً في الجزء الأول من أطلسه العظيم، وكانت كلمة



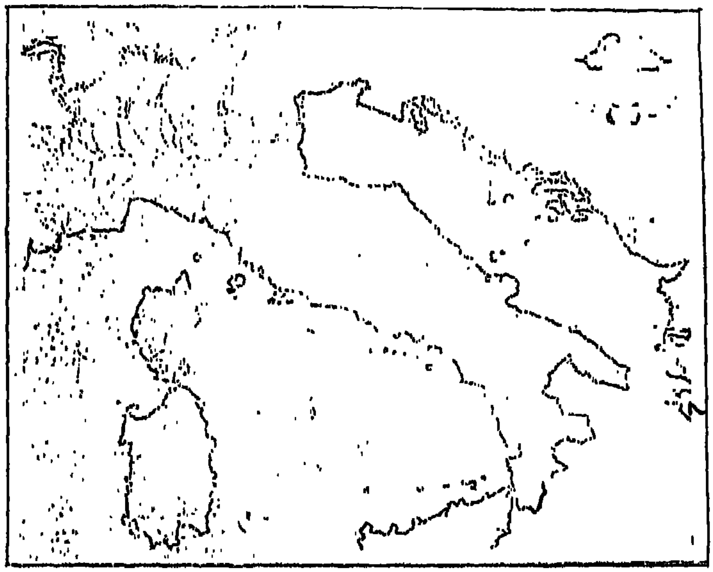
شكل رقم (٢٥ ـ ٤): خريطة العالم لمركيتور (١٥٦٩ م)

«أطلس» قد ظهرت لأول مرة في هذا العمل وقصد بها مركيتور مجموعة من الخرائط. ثم توالى بعد ذلك ظهور الجزء الثاني ثم الثالث من هذا الأطلس.

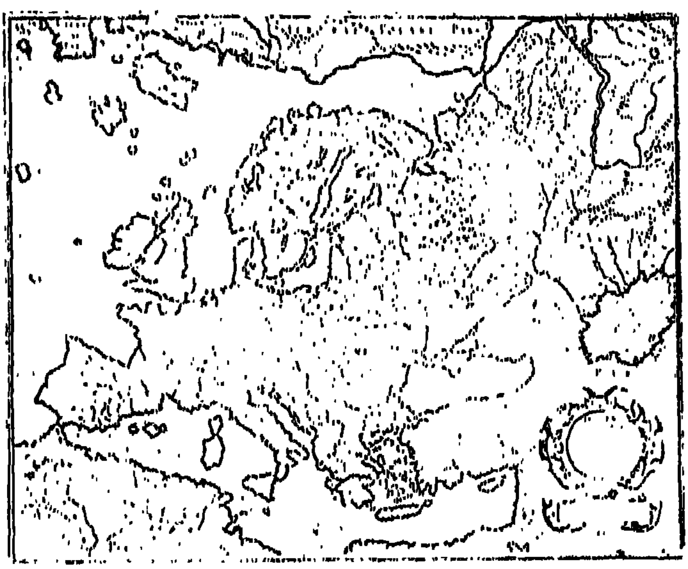
وقد نشر أطلس مركيتور عام ١٥٩٥ بعد وفاته من قبل ولده. ويمثل الشكلان رقم ٢٦ ـ ٤، ٢٧ ـ ٤ نماذج من هذا الأطلس لإيطاليا وأوروبا. وقد طبع هذا الأطلس في ما لا يقل عن خمسين طبعة.

ب ـ أورتيليوس **Ortelius**

اشتغل إبراهام أورتيل Abraham Ortel الشهير باسم أورتيليوس بتلوين الخرائط وهو في سن العشرين (ولد في عام ١٥٢٧). وفي سنة ١٥٦٤ نشر خريطة للعالم في ثمان لوحات، وتبعها في سنة ١٥٦٥ بخريطة لمصر، وفي سنة ١٥٦٧ تبعها بخريطة كبيرة لآسيا على لوحتين. وفي سنة ١٥٧٠ ظهر إنتاجه العظيم



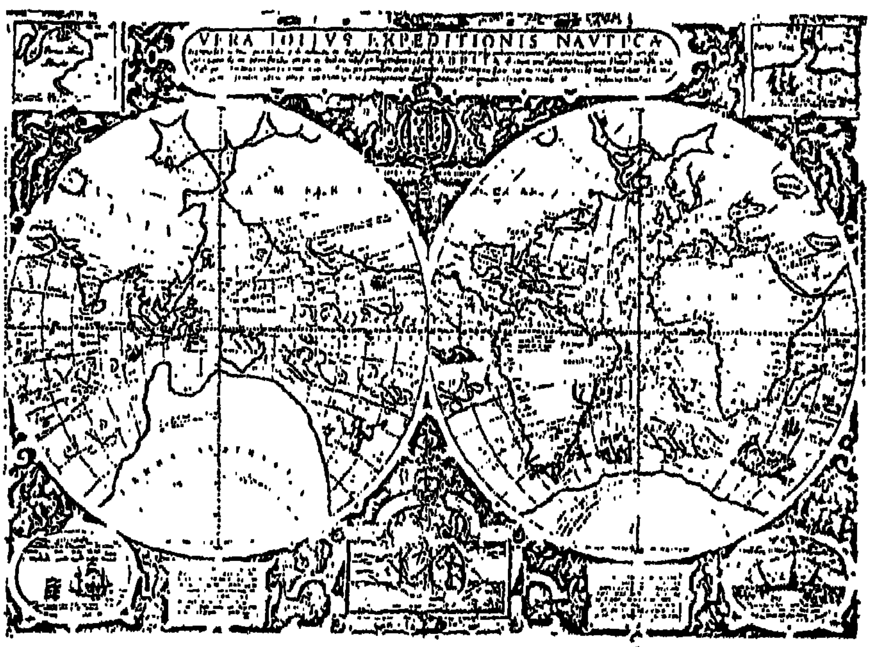
شكل رقم (٢٦ ـ ٤): خريطة إيطاليا من مسقط مركيتور عام ١٥٩٥



شكل رقم (٢٧ ـ ٤): خريطة أوروبا من أطلس مركيتور عام ١٥٩٥

«أطلس العالم كله Theatrum orbi Terrarum» وكان ذلك بتشجيع من مركيتور. ويعد هذا الأطلس أول أطلس حديث للعالم، كما يمثل نقطة هامة في تاريخ الخرائط. فقد كان أول تجميع معظم لخرائط لمختلف أقطار العالم على أساس دراسات معاصرة بعيداً عن خرائط بطلميوس. وقد كان نشر هذا الأطلس نقطة بداية تحول صناعة الخرائط من إيطاليا إلى هولندا.

وقد نال أطلس أورتيليوس شهرة عظيمة، حتى لقد أعيد نشره أربع مرات في أول سنة من ظهوره، كما أنه نشر ٤٢ مرة في الفترة ما بين سنة ١٥٧٠ وسنة ١٦١٢. وقد احتوت الطبعة الأولى منه على ٧٠ خريطة، من ٥٣ لوحة أبرزت بصورة جميلة ولونت باليد (شكل رقم: ٢٨ ـ ٤). وقد أضيفت إلى هذه المجموعة عدة خرائط أخرى في خمس طبعات متتالية. وقد اشتملت الطبعة الأولى من هذا الأطلس على خريطة للعالم وأربع خرائط للقارات و ٢٦ خريطة لأوروبا و ٦ خرائط لآسيا و ٣ خرائط لإفريقيا.



شكل رقم (٢٨ ـ ٤): خريطة من أطلس أورتيليوس على ١٥٧٠

حـ ـ دي جود De Gode:

بدأ دي جود إنتاجه في الخرائط في وقت مبكر، ففي عام ١٥٥٥ قام بنشر خرائط كبيرة للعالم ولأوروبا والبرتغال، ثم نشر في عام ١٥٦٩ سلسلة من الخرائط لألمانيا، كما نشر في عام ١٥٧٨، أطلسا أطلق عليه اسم «Speculnm Orbis Terrarum»، بعد ثماني سنوات من نشر أطلس أورتيليوس. وينقسم أطلس دي جود إلى قسمين: الأول منها اشتمل على ٢٧ خريطة لمختلف جهات العالم، أما القسم الثاني فيحتوي على ٣٨ خريطة لأقاليم الأمبراطور الجرمانية. ولم يظهر من الطبيعة الأولى سوى ١٢ نسخة. وقد فاقت خرائطه خرائط أورتيليوس. وقد أعيد طبع الأطلس ونشره عام ١٥٩٣ بعد أن راجعه ابنه كورنيليوس وزاد من خرائطه حتى وصل بها إلى ٨٣ خريطة.

د ـ هنديوس Jodous Hondius:

عمل جودوس هنديوس بصناعة حفر الخرائط وهو في سن الثامنة والثلاثين. وقد نشر في عام ١٦٠٦ نسخة رائعة من أطلس مركيتور بعد أن أضاف إليه ٣٦ خريطة، من أمثلتها الخريطة في الشكل رقم (٤ ـ٢٩). وقد توفي هنديوس في عام ١٦١١ وتابع ابنه هنري عمله في نشر وتجديد أطلس مركيتور ـ هنديوس. وفي عام ١٦٣٥ ظهر اسم جانسون Jan Jansson بجوار اسم هنري هنديوس في الطبعة الأخيرة من الأطلس.

وفي المحصلة النهائية يمكن القول بأن إنتاج الخرائط في المدرسة الهولندية قد طغت فيه الناحية التجارية على الناحية العلمية، فحل الكم مكان الكيف، وانتهى الأمر بأن سلّم صناع الخرائط الهولنديون القيادة إلى الفنانين الفرنسيين وبالرغم من ذلك فإن أهم مظهر إيجابي للخرائط الهولندية هي التزامها بالأمانة العلمية. وبتوالى السنين بعد ذلك، وبظهور مدارس أخرى، فقدت المدرسة الهولندية أهميتها.

(٣) المدرسة الفرنسية

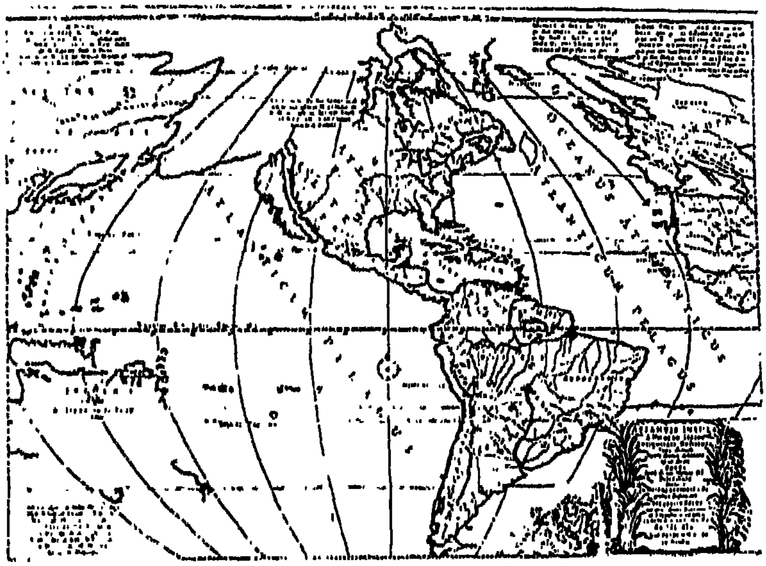
وصلت نهضة الخرائط إلى فرنسا في منتصف القرن السادس عشر،



شكل رقم (٢٩ ـ ٤): خريطة من أطلس مركيتور ـ هنديوس ١٦٠٦

واحتفظت المدرسة الفرنسية لمدة طويلة ببعض مظاهر العصور الوسطى، وتركزت في رسم خرائط البورتولانو. ومن التطورات التي ظهرت في رسم الخرائط ما قدمته أسرة سانسون Sanson من القرن السادس عشر (الأب نيقولا، والأبناء الثلاثة: نيقولا وجيوم وأدرين، وكذلك زوج ابنته بيير دوفال وحفيده جيلز روبرت دي فوجوندي وحفيده ديدبير روبرت). ونشرت أطالس عديدة وخرائط لطرق وأنهار فرنسا، وكثيراً من الخرائط التاريخية. وكانت الاتجاهات التي اعتمدت عليها أكثر دقة، والزخارف أقل استعمالاً، وزادت عليها الملاحظات التي تتضمن معلومات جغرافية، وقد استطاعت هذه الأسرة نقل مركز إنتاج الخرائط من هولندا إلى فرنسا منذ منتصف القرن السابع عشر حتى

نهاية القرن الثامن عشر (شكل رقم: ٣٠ ـ ٤). وهذه الأسرة هي التي أسست فيما عرف باسم «المدرسة الفرنسية» في الخرائط. وبوجه عام فقد شابهت خرائط آل سانسون الخرائط الهولندية ولكنها فاقتها من الناحية العلمية.



شكل رقم (٣٠ ـ ٤): نموذج للخرائط الفرنسية في عصر النهضة

ومن قبل أسرة سانسون كان في فرنسا صناع خرائط مهرة في القرن السادس عشر من أشهرهم أورنس فين الذي نشر في عام ١٥١٩ خريطة للعالم، تبعها بخريطة أخرى للعالم في عام ١٥٣٩ على مسقط مختلف. وأنشأ موريس بوجيرو أول أطلس فرنسي في عام ١٥٩٤ والذي كان الأساس الذي اعتمدت عليه الأطالس الفرنسية فيما بعد.

(٤) المدرسة الإنجليزية

حدث تطور واضح في علم الخرائط في إنجلترا في الربع الأخير من القرن

السادس عشر ووصل إلى أوجه في عهد الملكة إليزابيت، وقد شابهت الخرائط الإنجليزية في عصر النهضة الخرائط الهولندية، وإن زادت التفاصيل عليها بما جعلها أكثر ازدحاماً. ويتمثل هذا التطور في أعمال ساكستون Saxton (١٥٤٢ ـ ١٦٠٨) وسبيد Speed اللذان يعدان المنشآن الحقيقيان للمدرسة الإنجليزية، فقد أنتج ساكستون أطلساً بارزاً يمثل الوحدات الإدارية الإنجليزية، نشر في عام ١٥٧٩، ويعد أول مسح مفصل للبلاد، كما أضاف خريطة بمقياس كبير (بوصة لكل ٨ ميل) لإنجلترا وويلتر في ٢٠ لوحة. أما سبيد فقد دفع بأعمال ساكتسون إلى الأمام ونشرة في عام ١٦١١ «أطلس أمبراطورية بريطانيا العظمى» وهو أطلس قيم طبع أربعة عشرة مرة حتى نهاية القرن الثامن عشر.

ومن الأعمال الإنجليزية الأخرى خريطة العالم عام ١٥٩٩ التي اعتمدت غالباً على كتاب إدوارد رايت بعنوان Certain Erro's of Navigation الذي كان بمثابة ثورة في العلوم البحرية. وقد رسمت هذه الخريطة على أساس مسقط مركيتور، وتبين هذه الخريطة نتائج رحلة الكابتن دريك، والكشوف الجغرافية للأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من الأرض، ولذلك فهي تعد من أحسن خرائط عصرها (شكل رقم: ٣١ ـ ٤).

ونشر السير روبرت داولي عام ١٩٤٦ أول أطلس بحري في إنجلترا، وقد طبع هذا الأطلس في إيطاليا. كما نشر جون أو جلفي مجموعة من الخرائط على شكل أطلس للطرق التي ظهرت في إنجلترا لأول مرة. وفي نهاية القرن السابع عشر ظهر في بريطانيا عالماً عظيمان هما الكابتن جرينفيل كولنز الذي نشر مجموعة من الخرائط لإنجلترا بلغ عددها ٤٨ خريطة في عام ١٦٩٣، وإدمون هالي E. Halley الذي أتم الفصل المجيد في خرائط القرن السابع عشر الإنجليزية بخرائط الانحراف المغناطيسي وبخرائطه المتيورولوجية ـ التي قام بنشر أول خريطة منها في عام ١٦٨٨ ـ .

(٥) المدرسة الألمانية

برز صناع الخرائط في المدرسة الألمانية منذ القرن السادس عشر،



شكل رقم (٣١ ـ ٤): خريطة العالم لفرنسيس دريك

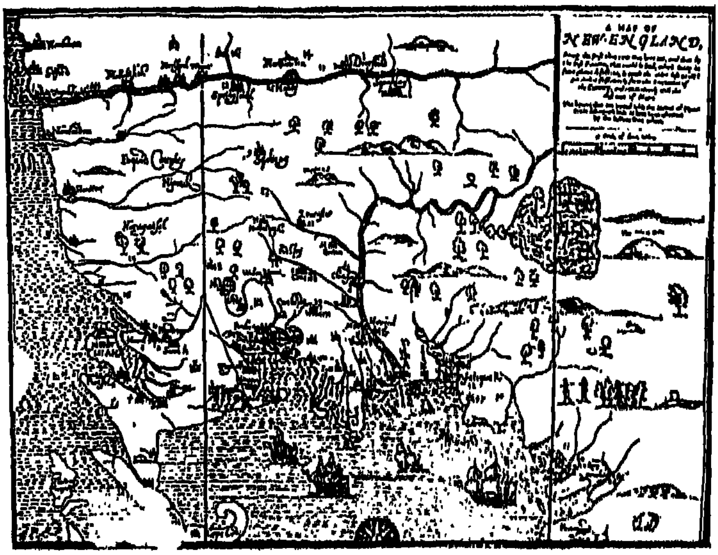
وصنعوا كذلك كثيراً من نماذج الكرة الأرضية وخرائط لوسط أوروبا. ومن أشهر صناع الخرائط في ألمانيا في هذه الفترة سبستيان مونستر S. Munster الذي كتب عن جغرافية العالم والكوزموجرافيا.

(٦) الخرائط لدى الشعوب الأخرى

تم وضع الكثير من الخرائط الأساسية لكثير من الأقطار في عصر النهضة أيضاً مثل خرائط أستراليا وهنغاريا عام ١٦٢٠، وخرائط روسيا وإسكندنافيا، وتعد من أكثر الخرائط نقوشاً، كما وضعت خرائط مفصلة لمقاطعة بفاريا. ويعد كوردنلي (١٦٥٠ ـ ١٧١٨) أعظم رسامي الخرائط في أواخر عصر النهضة في البندقية، الذي اشتهر بصناعة الكرات الأرضية. وقد أحدث الكرة التي صنعها للملك لويس الرابع عشر التي بلغت أبعادها ١٠×١٥ قدم ضجة في حينها، كما

أسس كوردنلي أول جمعية جغرافية في البندقية.

وفي أمريكا، تعد خريطة نيوانجلند التي نشرها جون فوسترفي بوسطن في عام ١٦٧٧ أول خريطة أمريكية (شكل رقم: ٣٢ ـ ٤) تطبع وتنشر في أمريكا بعد أن كانت خرائطها تطبع في عواصم الدول الأوروبية. وقد قامت الخرائط الأمريكية في تلك الفترة على جهود المستعمرين الأوروبيين، والتي أصبحت فيما بعد الأساس الذي استندت عليه الخرائط الأمريكية بعد الاستقلال.



شكل رقم (٣٢ ـ ٤): خريطة جون فوستر لينوانجلند،
طبعت لأول مرة في بوسطن عام ١٦٧٧

هكذا نرى أن رواد عصر النهضة من صناع الخرائط قد «بسطوا» إطار خريطة العالم، ولكن كانت تنقصهم تفاصيل المحيط الهادي. وكانت معرفتهم عن ظاهرات سطح القارات ضئيلة، ومع ذلك فقد أضافوا معلومات قيمة للطبعات الكثيرة لجغرافية بطلميوس. وأثناء القرن السادس عشر، أظهر عدد من

الفلكيين الرياضيين والكوزموجرافيين، اهتماماً واضحاً بالخرائط الطبوغرافية، ولكنهم فشلوا في حل مشكلة توضيح التضاريس ـ وذلك من حيث التمثيل الصحيح لدرجات الانحدار، والارتفاعات فوق مستوى سطح البحر. فلم يستطيعوا رسم اختلافات السطح من أودية وتلال وهضاب، ولكن التقدم في هذا الاتجاه جاء فيما بعد نتيجة جهود عمليات المساحة القومية والرسمية التي بدأت في أواخر القرن الثامن عشر والقرن التاسع عشر.

الخرائط في عصر الإصلاح والجديد

امتد هذا العصر طوال فترة القرنين الثامن عشر والتاسع عشر.

(١) خرائط القرن الثامن عشر

بزغ فجر القرن الثامن عشر بتطلعات جديدة وآمال عريضة في علم الخرائط، وتطلب الأمر إصلاح الخرائط وتغيير طرق وأساليب رسمها بهدف تجديدها وتحديثها. وكانت الدوافع والأسباب وراء ذلك كثيرة منها: تطور أدوات وآلات الملاحة والمساحة والتي أضافت الكثيرة إلى دقة الخرائط، كذلك أدت حركة الرحلات والكشوف الجغرافية إلى كشف الأجزاء الداخلية من القارات التي كانت مجهولة من قبل، كما أكد قيام القوى البحرية والرغبة الشديد لبناء الأمبراطوريات ضرورة توافر خرائط دقيقة. لكل ذلك شهد القرن الثامن عشر بداية حركة تصحيح الخرائط وتنقيتها وتنقيحها مما شابها من أخطاء استمرت ملازمة لها قروناً عديدة.

أ ـ الخرائط الأوروبية

كان مركز إنتاج الخرائط قد انتقل ـ كما قلنا ـ من هولندا إلى فرنسا التي نجحت أثناء ذلك القرن في صناعة الخرائط. وأخذت الأكاديمية الفرنسية (تأسست في النصف الثاني من القرن السابع عشر) على عاتقها المشكلة الخاصة بقياس خطوط الطول، فقاست قوس خط الطول، وعن طريق المساحة بنظام شبكات المثلثات بدأت توقع بشكل دقيق خطوط سواحل فرنسا. كما أرسلت

بعثات خلال النصف الأول من القرن الثامن عشر إلى بيرو وشمال إسكيندناوه لقياس خطوط طول أخرى. وانتهت هذه القياسات بإثبات حقيقة أن نصف القطر الاستوائي أطول من نصف القطر القطبي. ومن هنا يمكن القول بأن صناع الخرائط في فرنسا كانوا من طبقة لا تسعى إلى الربح بل إلى خدمة العلم، وذلك على العكس من الدافع لصناعة الخرائط في هولندا والذي تميز بالسرعة والاهتمام بالشكل، ذلك لأن الاهتمام بالأعمال المساحية الواسعة لم يكن أمراً مربحاً.

وقد قام صناع الخرائط الفرنسيون برسم عدة خرائط للعالم، وسلسلة من الأطالس لخرائط المدن والحصون، وذلك من سنة ١٧٤١ حتى سنة ١٧٧٩. وكان كاسيني C.F. Cassini من ألمع صناع الخرائط في هذه الفترة، فقد بدأ عمليات المساحة بشبكة المثلثات في سنة ١٧٤٤، وتمخضت جهوده التي استمرت أربعين عاماً عن خريطة طبوغرافية دقيقة لفرنسا في ١٨٢ لوحة. ومن أشهر صناع الخرائط الفرنسيين أيضاً في بداية القرن الثامن عشر ديليسل Dellisle، ترجع شهرته إلى بعض الأخطاء التي أوقع فيها ونقلها عنه صناع الخرائط فيما بعد، فقد اختصر طول البحر المتوسط عن حقيقته وقام بتعديل خريطة كاليفورنيا وأظهرها على شكل جزيرة، رغم أنها كانت قد ظهرت في خرائط مركيتور ومعاصريه على شكل شبه حزيرة. وأهم الأطالس التي ظهرت في تلك الفترة هو ذلك الأطلس الذي نشره جيل Gilles وديديه Didier والذي اشتهر بمقدمته التاريخية التي اشتملت على تاريخ الجغرافيا في ٣٣ لوحة. ولكن بنهاية القرن الثامن عشر كانت فرنسا قد فقدت مركزها الأول لصالح إنجلترا ـ وإن ظلت فرنسا تالية لها مباشرة.

وإذا كان النصف الأول من القرن الثاني عشر قد شهد قمة مجد الخرائط الفرنسية، فإن النصف الثاني من ذلك القرن كان بمثابة العصر الذهبي للخرائط الإنجليزية فقد تدفق كثير من صناع الخرائط الأجانب المشهورين (ومنهم فرنسيين) على إنجلترا، وأصبحت لندن «مصنعاً» ضخماً للخرائط ـ حتى أن الخرائط الأمريكية الهامة في ذلك الوقت كانت تطبع في لندن. والواقع أن

الخرائط الإنجليزية لم تكن تختلف عن الخرائط الفرنسية في كثير من المظاهر بل إن الكثير منها قد نقل عن الفرنسية مع شيء طفيف من التعديل أو بدون تعديل على الإطلاق. وقد وجدت إنجلترا رساماً ممتازاً للخرائط هو جون روكي John Rocque الذي نشر خريطة كبيرة المقياس لمدينة لندن في ٢٤ لوحة، عام ١٧٤٦. كما نشر خرائط أخرى متعددة للمدن والقلاع. وكان هناك رسامون مشهورون آخرون مثل الإنجليزي «جيمس رينل» الذي أنتج أول خريطة نموذجية للهند في عام ١٧٨٣. وكانت هيئة المساحة البريطانية Ordinance Survey قد تأسست في عام ١٧٩١، وبها بدأ عهد جديد في علم الخرائط الإنجليزية منذ بداية القرن التاسع عشر.

أما الخرائط الألمانية فلم تلق في القرن الثامن عشر عناية كافية، إذ لم تكن هناك حكومة مركزية، ولذلك فلم يهتم بشئون الخرائط بها إلا بعض الأمراء. وقد انحصرت المنافسة في إنتاج الخرائط على بيتين من بيوت الخرائط هما: هومان Homann في فورنبرج وساوتر Sautter في أوجزبرج. وإلى جانب ذلك فقد كانت هناك بعض المحاولات الفردية لأنشاء عدة خرائط لألمانية لم ينشر معظمها وإنما حفظت على شكل مخطوطات في قصور ملوك بروسيا. وقد جمعت كل هذه الجهود الفردية في أطلس ضخم نشره جيجر Jaeger في عام ١٧٨٩.

أما في إيطاليا فقد شهدت الخرائط فيها تقدماً بفضل اهتمام أمرائها بشئون الخرائط في القرن الثامن عشر. ويعد ريزي زانتوت Rizzi Zannont (١٧٣٤ - ١٨١٤) أشهر صناع الخرائط في إيطاليا إبان ذلك القرن، فقد عمل في صناعة الخرائط في بولندا وألمانيا وإنجلترا وفرنسا قبل أن يستقر به الحال في مقام البلاط النابولي.

ب - الخرائط الأمريكية

بلغت جهود المستعمرين أوجها في منتصف القرن الثامن عشر، وأهم خريطة ظهرت في تلك الفترة هي الخريطة التي نشرها لويس أيفانز Evans في عام ١٧٥٥، وقد قام جيمس ترنر J. Turner بحفر هذه الخريطة على النحاس

حيث ضارعت كل الخرائط الأوروبية المعاصرة لها. وأعيد نشر هذه الخريطة ٢٦ مرة وقد أثرت في معظم الخرائط التي أعقبتها. ومن الخرائط الأولية التي ظهرت في العالم الجديد تلك الخريطة التي نشرها بونربراس Bonner - Price لمدينة بوسطن عام ١٧٢٢ والتي طبعت ست مرات حتى عام ١٧٦٩ وتعطى فكرة طيبة عن تطور المدينة.

وتمثل خريطة جون ميتشل J. Mitchell التي نشرها في عام١٧٥٥ للمستعمرات البريطانية والفرنسية في أمريكا الشمالية «جهداً رائعاً»، وقد طبعت هذه الخريطة في لندن وترجع أهميتها إلى أنها قد استخدمت في مؤتمر السلام في باريس عام ١٧٨٣ حيث تم تخطيط حدود الجمهورية الجديدة عليها. وفي خلال ربع القرن الذي تلى الثورة قام الجيش البريطاني بعمل مجموعة كبيرة من الخرائط التفصيلية، كانت بمثابة الأساس الذي قامت عليه الخرائط الأمريكية فيما بعد. وفي ذلك الوقت الذي تم فيه توقيع معظم ساحل المحيط الأطلسي لم يسجل المحيط الهادي في أمريكا الشمالية في خرائط. ولكن اكتشاف مضيق برنج في عام ١٧٢٨ ثم ألاسكا ١٧٤١ مكن من ظهور بعض التفاصيل في خريطة ديليسل ـ بواش Dellisle - Buach في عام ١٧٥٢. ولكن قبل نهاية القرن الثامن عشر قامت الحكومة الإسبانية بجهود مضنية في سبيل اكتشاف كاليفورنيا ثم الساحل الشمالي الذي كان آخر المناطق التي استقرت فيها جموع المهاجرين من أوروبا.

وقد بدأ الاستقلال البطيء للخرائط الأمريكية عن نفوذ الأوروبيين مع استقلال الولايات المتحدة الأمريكية حيث بدأت كل ولاية من الولايات تهتم بإنشاء خرائط تفصيلية لها بمقياس كبير إلى حد ما (بوصة لكل ميلين). ولم تعتمد هذه الخرائط على شبكة من المثلثات حتى يتلاشى تأثير كروية الأرض وإنما قامت على أساس الأجهزة المساحية العادية. وتعد الخريطة التي نشرها جون فيتش Fitch للولايات الشمالية الشرقية أول مجهود خاص لإنشاء الخرائط. كما قام آبل بويل Abel Buell بنشر خريطة الولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٧٨٩ وكانت أول خريطة يرسمها ويحفرها ويطبعها وينشرها

أحد رعايا الولايات المتحدة الأمريكية. كذلك كان أول أطلس نشر في الولايات المتحدة الأمريكية هو أطلس Pilot الذي حفر خرائطه على النحاس جون نورمان في عام ١٧٩٢ وقد تضمن خرائط ساحل المحيط الأطلسي للولايات المتحدة الأمريكية. وقد حاول كثير من الناشرين بعد ذلك إنشاء أطالس على نمط الأطلس السابق، فنشر ماتيوكاري Matthew Carey في عام ١٧٩٤ أطلسا في كاليفورنيا وأعيد نشره عام ١٨٢٢. وتميزت هذه الأطالس بصغر حجمها فضلاً عن أن اللوحات الخاصة بالأقطار غير الأمريكية قد نقلت عن الخرائط الأوروبية.

(٢) خرائط القرن التاسع عشر

تقدم علم الخرائط (الكارتوجرافيا) إبان ذلك القرن تقدماً ملحوظاً، وكان ذلك بفضل عوامل كثيرة، نذكر أهمها فيما يلي: إنشاء النظام المتري وتحديده، الذي بات حدثاً مهماً يتصل بعملية توحيد القياس التي شهدها علم الخرائط (الكارتوجرافيا) في بداية القرن التاسع عشر. فقبل ذلك الوقت كان يعبر عن مقياس رسم الخريطة بوحدات القياس المحلية كالتويس Toises الفرنسية، أو الفيرست Versts الروسية، أو الياردة والميل الإنجليزي؛ ولم تكن العلاقة بين كل وحدة من هذه الوحدات القياسية معروفة بالدقة. ولكن بتحديد «المتر» كجزء من عشرة ملايين جزء هي عبارة عن طول القوس من خط الاستواء إلى القطب (أي ربع محيط الأرض)، كما حسب حينذاك، فقد أتاح ذلك وحدة قياس ثابتة يمكن استخدامها دولياً. ومنذ ذلك الوقت، أصبح يُعبر عن مقياس رسم الخرائط بنسبة أو كسر بياني (مثلاً مقياس ١/ ٢٥٠٠ يعني أن أي وحدة قياس على الخريطة يقابلها ٢٥٠٠ من نفس الوحدة على الأرض). ومن ثم، أصبح تحويل مقياس الرسم سهلاً ميسوراً، ما دامت هذه النسبة مستقلة عن أي نوع من الوحدات القياسية، وقد شجع هذا على كثرة إنتاج الخرائط وتداولها بين أقطار الأرض المختلفة. كذلك أدى نشأة عمليات المساحة المنظمة التي تشرف عليها الحكومات إلى تغطية أجزاء كثيرة من العالم بالخرائط، وقد تركزت هذه العمليات في الدول الأوروبية بصفة خاصة وبعض الدول الأخرى كالهند واليابان

والولايات المتحدة وكندا ثم مصر في السنوات الأخيرة من ذلك القرن. وفي النصف الثاني من القرن التاسع عشر كان جزء كبير من أوروبا قد غطي بالخرائط الطبوغرافية. ويرجع الفضل في تقدم هذه العمليات المساحية إلى التقدام الكبير الذي طرأ على أجهزة المساحة في ذلك القرن. كما أدى ابتكار طرق جديدة في الطباعة خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر إلى تحول عظيم في عملية نشر الخرائط وسهولة إنتاجها؛ ففي سنة ١٧٩٨ ابتكرت في ألمانيا طريقة الطباعة الليثوغرافية Lithography (الطباعة على الحجر). وبذلك سهلت الطباعة الليثوغرافية الملونة توقيع عديد من التفاصيل بالألوان المختلفة وبشكل واضح، كما أمكن بواسطة هذه الطريقة طبع الخرائط على أوراق عادية رخيصة الثمن، ومن ثم تخلصت الخرائط من عملية الطبع الشاقة التي تتم على ألواح النحاس المحفورة. وأخيراً مكن إنتاج الخرائط الطبوغرافية لكثير من جهات العالم إلى تصغير هذه الخرائط وإصدارها في شكل أطالس. لذلك تميزت خرائط القرن التاسع عشر بظاهرة التوسع الكبير في إنشاء الأطالس التي ساهمت في خدمة تعليم الجغرافيا، وفي مجال الحكم والإدارة.

أ ـ الخرائط الأوروبية

شهد القرن التاسع عشر تفرع المعرفة إلى عدد من التخصصات والميادين المنفصلة، الأمر الذي أدى إلى تطور علوم طبيعية معينة تتصل بتوزيعات ظاهرات أرضية معينة، مثل علوم الجيولوجيا والنبات والمتيورولوجيا وكذلك مجموعة علوم أخرى نسميها بصفة عامة العلوم الاجتماعية، مثل علم الاجتماع والسياسة والاقتصاد والجغرافيا وغيرها. كل هذه العلوم احتاجت للخرائط في دراساتها، وكان لها أثر على إنتاج الخرائط الصغيرة المقياس والتي تتضمن توزيعات مختلفة.

وكانت هيئة المساحة البريطانية قد نشرت أول لوحة من خرائطها الطبوغرافية بمقياس بوصة للميل في سنة ١٨٠١. وواجه رساموا الخرائط في هذه الهيئة في نفس الوقت مشكلة تمثيل أشكال سطح الأرض، ولكنهم بسرعة

طوروا أشكال خطوط الهاشور Hachure إلى خطوط الكنتور لتمثيل هذه الأشكال التضاريسية. ثم توالى بعد ذلك ظهور الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية، وظهرت أيضاً مجموعة من الأطالس، أقدمها أطلس كاري Cary «الأطلس الإنجليزي الجديد والصحيح» ـ الذي يرجع تاريخ نشره إلى سنة ١٧٨٧ ـ وظهرت منه عدة طبعات. كما ظهرت له أطالس أخرى جديدة مثل «الأطلس العالمي الجديد» New Universal Atlas في سنة ١٨٠٨. أما بعد كاري، فقد ظهرت أسماء أخرى مشهورة في تاريخ خرائط التاسع عشر بإنجلترا، مثل جون بارثلميو Bartholomew، وأرو سميث Arrow Smiths، ثم ألكسندر كيث A.Kith وجنستون Johnston.

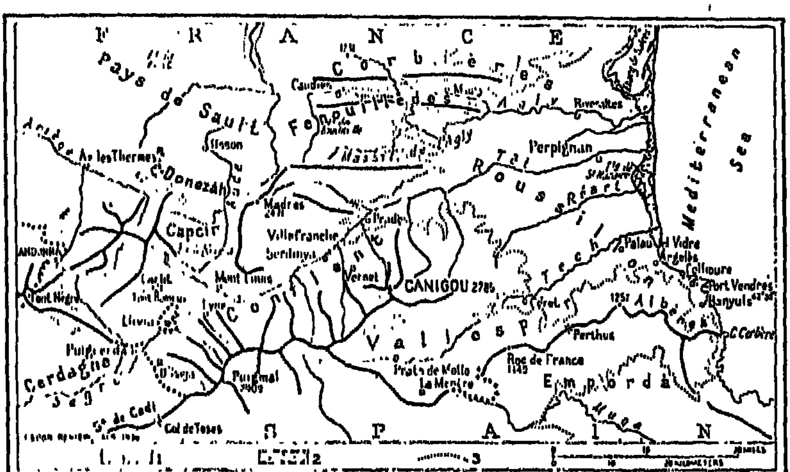
أما في الدول الأوروبية الأخرى، فقد كانت في ألمانيا في القرن التاسع عشر جغرافيون ممتازون مثل همبولت Humbldt، وراتزل، وريتر، وبنْك. وبفضل هؤلاء وغيرهم أصبحت ألمانيا أنشط دولة أوروبية في إنتاج الخرائط. وعاش في ذلك القرن أشهر صناع الخرائط الألمان مثل هرنيش برجايوس Berghaus، وأوجست بيترمان Petermann، وقد نشروا الكثير من الخرائط والأطالس المشهورة ـ كما يرجع الفضل للألمان في ابتكار الأساليب العلمية لتمثيل التضاريس. وفي نهاية القرن التاسع أنتج الألمان خمسة نماذج تضاريسية كبيرة المقياس لجبال الألب. وهنا تجدر الإشارة إلى أن الفرنسيين قد أنتجوا في ذلك القرن أيضاً خرائط وأطالس مثل أطلس فيدال دي لبلاش، وسانت مارتن، التي كانت تضارع الأطالس الألمانية في دقتها وإخراجها الفني. ثم توجت نهاية القرن التاسع عشر بإنتاج بعض الأطالس القومية في أوروبا، مثل أطالس فرنسا وفلندا والسويد وإسكتلندا وتشيكوسلوفاكيا.

ب ـ المدرسة الأمريكية

يعد الربع الثاني من القرن التاسع عشر فترة ازدهار بالنسبة للخرائط الأمريكية، بسبب زيادة الحاجة إلى الخرائط بشكل كبير لمواجهة حركة العمران والتطور وإنشاء طرق المواصلات وشق القنوات، وتضافرت جهود جهات

عديدة على إصدار خرائط تفصيلية لمختلف أجزاء الدولة. ونشر فيما بين عام ١٨٢٢ و ١٨٢٤ ما لا يقل عن سبعة أطالس، استخدم فيها طريقة الهاشور لتمثيل المرتفعات. وأدى اختراع الطباعة الليثوغرافية في ألمانيا عام ١٧٩٨، كان أول من استخدمها في الولايات المتحدة وليام بندلتون في بوسطن عام ١٨٢٧، إلى نشر أطالس عن المقاطعات، بلغ بعضها القمة في الإخراج الفني. وظلت فلاديلفيا مركزاً لصناعة الخرائط خلال تلك الفترة، وشاركتها في هذا الاهتمام مدن نيويورك وبوسطن وبلتيمور أيضاً. وظهر أثناء تلك الفترة اسم هنري تانر Tanner كأعظم راسم خرائط في الولايات المتحدة الأمريكية وقد نشر أطلساً ممتازاً في عام ١٨٢٣ بعنوان «الأطلس الأمريكي الجديد» New American Atlas. وبتوالى الكشوف الجغرافية في القارة ذاتها ظهرت خرائط جديدة لمنطقة الحوض العظيم في غرب القارة والتي نشرها بونفيل Bonneville من عام ١٨٣٢ إلى عام ١٨٣٥، وكان قبله قد نشر ووكر Walker في عام ١٨١٠ خريطة يوضح فيها ثلاثة أنهار تنحدر من جبال روكي وقد ظهر فيها أيضاً جزء من الساحل الغربي لكاليفورنيا.

وقد برز في النصف الثاني من القرن التاسع عشر اسم هنري والنج H-Walling كأعظم راسم خرائط أمريكي. وقد نشر والنج أكثر من عشرين أطلساً للولايات المتحدة الأمريكية. وقام الجيش الأمريكي منذ منتصف القرن التاسع عشر بإرسال البعثات المتتالية لمسح المناطق الواقعة غرب جبال روكي، ورغم الأعمال الهامة القيمة التي أنجزها والنتائج العظيمة التي توصل إليها، إلا أنها توقفت، بصفة مؤقتة بسبب الحرب الأهلية. ولما ثبت عدم قدرة الجهود الفردية على وضع خرائط تفصيلية لغرب الولايات المتحدة، إنشئت في عام ١٨٧٨ هيئة رسمية تتولى أعمال الخرائط والإشراف على نشرها وهي المساحة الجيولوجية الأمريكية U.S. Geological Survey. كما أنشئت الجمعية الجغرافية الأمريكية بنيويورك في عام ١٨٥٢ وتولت إنتاج مجموعة من الخرائط الدقيقة (شكل رقم: ٣٣ ـ ٤)، كما لا يمكن إنكار الجهود التي قامت بها الجمعية الجغرافية القومية في واشنطن في إصدار العديد من الخرائط القيمة والدقيقة في فترة نهاية القرن التاسع عشر.



Map of the eastern Pyrenees showing the main mountain axes and the natural regions. Key to the legend: 1, alpine zone; 2, saline lands of the coast; 3, limits of the olive. Scale 1 : 1,200,000.

شكل رقم (٣٣ ـ ٤): مثال للخرائط الأمريكية الدقيقة في القرن التاسع عشر

أما أعظم إنجاز أمريكي في تاريخ الخرائط في تلك الفترة، فقد تمثل في الخريطة الأمريكية التي عرفت باسم «الخريطة الفزيوغرافية Physiographic Map»، التي أنشأها وليم موريس ديفز W-M- Davis، وطورها من بعده لوبك A-Lobeck وايروين رويس E.Raisz وزملاؤها.

الخرائط في القرن العشرين

بدأ القرن العشرين، وبدأت معه مرحلة جديدة في علم الخرائط (الكارتوجرافيا)، ولكنها مرحلة بارزة لم تشهد الخرائط مثيلاً لها طوال تاريخها الطويل. فلقد شهد القرن العشرون ثورة هائلة في صناعة الخرائط، كما كانت هناك دوافع ملحة وتحديات جديد لعلم الخرائط (الكارتوجرافيا) خلقتها الحربان العالميتان. إذ تتطلب العمليات الحربية لكل قطاعات الجيوش البرية

والبحرية والجوية الكثير من الخرائط التفصيلية الدقيقية، وبالتالي زاد إنتاج الخرائط إلى درجة مذهلة. فمثلاً، قد لا نصدق أن عمليتين فقط من عمليات الغزو التي حدثت أثناء الحرب العالمية الثانية، وهما جبهتا شمالي إفريقيا وساحل نورماندي بفرنسا، قد استخدمتا نحو ثمانين مليون خريطة بلغ مجموع وزنها ٣٩٠٠ طناً. كما نستطيع أن نؤكد أن إنتاج الخرائط المستخدمة في الأغراض المدنية أثناء التسعين سنة التي خلت من سنوات القرن العشرين، يزيد بكثير عما أنتجه الإنسان من خرائط طوال كل عصور تاريخه السابقة.

والواقع أن العصر الذي نعيش فيه يعد عصراً فريداً في أهميته بالنسبة للخرائط بصفة خاصة، سواء من حيث الكم أو الكيف، فهو عصر لا يزال يخلق دوافع أكثر النشاط عظيم في إنتاج وإصدار الخرائط، ليس على المستوى القومي فحسب، وإنما على المستوى العالمي أيضاً. وبعبارة أخرى تشعبت مجالات الخرائط في القرن العشرين وتعددت أنواعها والهيئات العالمية التي تنتجها والأغراض التي تستخدم فيها، كما تميزت صناعة الخرائط منذ بداية القرن العشرين بظاهرتين أثرتا كثيراً في تقدم الخرائط: الأولى هي قيام مشروعات طموحة لإنتاج خرائط متنوعة في مجال التخطيط الطبيعي والإقليمي والدراسات التفصيلية عن أنماط استخدام الأرض، وأنماط توزيع السكان ومراكز العمران وتوزيع مظاهر النشاط الاقتصادي وغيرها من مظاهر وظاهرات سطح الأرض وترتب على ذلك التوسع الكبير في إنشاء الأطالس التي تطور استخدامها وإنتاجها إبان القرن العشرين تطوراً كبيراً. ولازم التأكيد على أهمية الخرائط نشأة الجغرافية الحديثة في ألمانيا على يد كل من هامبولت وريتر. ولم يقتصر الأمر على الجهود في صناعة وإنتاج الخرائط في ألمانيا فحسب بل قامت بينهم وبين صناع الخرائط الإنجليز منافسة قوية. وكان من نتيجة ذلك إصدار جون بارثلوميو لأطلس ضخم تضمن خمسة أجزاء ظهر الجزء الخامس منها عام ١٩١١. كما ظهرت عدة أطالس محلية من أمثلتها أطلس عن كندا في عام ١٩٠٦ وأطلس عن فرنسا في عام ١٩٣٦ وأطلس «الزراعة الأمريكية» الذي أعده بيكر Baker في ثلاثين عاماً. ومن شواهد ذلك أيضاً «الأطلس السوفيتي العظيم

Grand Soviet Atlas» الذي طبع في عام ١٩٣٧، ثم ظهرت منه طبعات جديدة منقحة، وكذلك جهود اليابانيين المماثلة في هذا الصدد. أما في مصر فقد بدأت «المساحة المصرية» عقب انتهاء المؤتمر الجغرافي الدولي الذي عقد في القاهرة عام ١٩٢٥ في إعداد «أطلس مصر Atlas of Egypt» الذي أهدته مصر إلى المؤتمر الجغرافي الدولي التالي في كمبردج عام ١٩٢٨. وقد أشرف على إعداد هذا الأطلس مجموعة من كبار خبراء المساحة المصرية من أمثال: بول J.Ball، هيوم W-F-Hume، ساتون L-F-Satton، وريتشاردز F-S-Richards. وقد تضمن الأطلس خريطة أوروجرافية (١: ٠٠٠ ١٠٠٠) وأخرى جيولوجية بنفس المقياس، ومجموعة من الخرائط الاقتصادية (١: ٠٠٠ ٢٠٠٠، ١: ٥٠٠٠٠٠)، وخرائط ميتورولوجية (خرائط طقس ومناخ) بمقياس ١: ٠٠٠ ٧٥٠٠ فضلاً عن مجموعة من الرسوم البيانية.

أما الظاهرة الثانية التي تميزت بها الخرائط في القرن العشرين فهي قيام مشروع خريطة العالم المليونية International map بمقياس ١/مليون، والذي تقرر في المؤتمر الجغرافي الدولي في باريس عام ١٩١٣. ورغم ظهور كثير من لوحات هذه الخريطة الدولية، إلا أن المشروع ـ مع الأسف ـ لم يتقدم بخطى مطردة، وذلك بسبب المنازعات الدولية، وبخاصة الحربين العالميتين، وكذلك انقسام العالم إلى كتل أيدولوجية مختلفة. بيد أن أعظم الهيئات التي تحملت عبء تنفيذ جزء كبير من هذه الخريطة هي الجمعية الجغرافية الأمريكية التي نشرت الخرائط الخاصة بالولايات المتحدة بدقة كبيرة متتبعة كل المواصفات التي وردت في اتفاقية باريس بشأن الخريطة المليونية وبعد أن حصلت الجمعية على موافقات حكومات أمريكا الجنوبية بدأت في القيام بأعمال مساحية استغرقت ٢٥ عاماً بدأت عام ١٩٢٠ وتمكنت في عام ١٩٤٥ من إتمام ١٠٧ لوحة من الخريطة المليونية لوحدها.

والواقع أننا لا نستطيع أن نعدد هنا كل مظاهر التقدم العظيم والرائع الذي حققه علم الخرائط (الكارتوجرافيا) فيما انقضى من سنوات العشرين، ونحن على الآن عتبة القرن الحادي العشرين، ولكن يحسن أن نعرض فيما يلي

الأسباب والدوافع والعوامل التي ساعدت على هذا الإنجاز العظيم في غضون هذا القرن العجيب. وحتى هذه العوامل هي الأخرى عديدة ومتنوعة، شأنها في ذلك شأن تنوع الخرائط ذاتها، في هذا القرن، إلا أنه يمكن تصنيفها إلى مجموعتين. وتتمثل المجموعة الأولى في الدوافع الأساسية التي فرضت على علم الخرائط (الكارتوجرافيا) أن يطور نفسه لكي يقابل الاحتياجات العديدة والمتنوعة من الخرائط الدقيقة والتفصيلية التي تطلبتها ظروف الحربين العالميتين، وتطور أساليب البحث في العلوم المخعتلفة، وتطور نظم الحكم والإدارة، وكذلك التخطيط العلمي الذي أخذت بتلابيبه وأساليبه معظم دول العالم. أما المجموعة الثانية فهي مجموعة العوامل الفنية التي أدت إلى كل هذا التقدم في ميدان علم الخرائط (الكارتوجرافيا)، والذي دعت إليه مطالب المجموعة الأولى من هذه العوامل. ويهمنا هنا أن نستعرض هذه العوامل الفنية فيما يلي:

(١) تطور طرق طبع الخرائط

يرجع هذا التقدم العظيم في إنتاج الخرائط بصفة أساسية في القرن الحالي إلى التحول من طباعة الخرائط على أساس الحفر على النحاس إل الطباعة الليثوغرافية الملونة التي سهلت توقيع التفاصيل العديدة بشكل واضح للغاية. وتطورت من هاتين الطريقتين في طبع الخرائط طرق أخرى، في أواخر القرن التاسع عشر، أسهل وأرخص نسبياً في إنتاج الخرائط الأصلية على أي نوع من الورق، وأهم هذه الطرق الجديدة هي: الطبع الفوتوغرافي Photolithography (أي طريقة اقتران التصوير الفوتوغرافي بالعملية الليثوغرافية)، وطريقة الحفر الفوتوغرافي Photoengraving. وفي الفترة الأخيرة من القرن الحالي تطورات طرق طبع ونشر الخرائط تطور مذهلاً لم يسبق له مثيل من قبل.

(٢) المساحة الجوية (الفوتوجرامترية) Photogrammetry.

تقدمت أعمال المساحة كثيراً خلال السنوات المنصرمة من القرن العشرين، وتم تحديد شكل الأرض الصحيح الذي كان مدعاة لإعادة تحديد نقط

المثلثات وما تبع ذلك من تصحيح دقيق للخرائط العالمية. ويعني مصطلح «فوتوجرامتري» علم القياس من الصور الجوية. وبالتالي يعني مصطلح المساحة الفوتوجرامترية: إنشاء الخرائط الطبوغرافية من الصور الجوية الملتقطة رأسياً من طائرة متحركة. وقد حقق هذا الفرع الجديد في علم الخرائط (الكارتوجرافيا) في العقود الأخيرة خطوات رائعة، ولا يزال يدخر الكثير في خرائط المستقبل. فقد استطاع راسموا الخرائط باستخدام هذا الأسلوب الجديد أن يرسموا الخرائط الطبوغرافية للأراضي الوعرة والأصعب منالاً لوسائل المساحة الأرضية ـ وهي الأسلوب التقليدي ـ في علميات المسح الطبوغرافي ورسم الخرائط الناتجة عنه.

والواقع أن تاريخ المساحة الجوية (أو التصور الجوي) يرجع إلى النصف الثاني من القرن التاسع عشر. فمنذ عام ١٨٥٨ ـ حين نجح رسام الخرائط الفرنسي «جاسبارد تورناكون G-Tournachon» في التقاط صورة فوتوغرافية من بالون على ارتفاع بضعة مئات من الأقدام، وأنتج منها خريطة طبوغرافية لقرية قرب باريس. وبذلك ثبتت أهمية الصور الرأسية المأخوذة من البالونات، ولكن قلل من هذه الأهمية صعوبة الحصول على البالونات نفسها في كثير من الأحيان. وقد كان الأمريكيون في الحرب الأهلية عام ١٨٦٢ أول من عرفوا قيمة الصورة الجوية الملتقطة من البالونات في الاستطلاع الحربي، ثم تبعهم الروس في عام ١٨٨٦. وقد ظهر استخدام جديد للمساحة الفوتوجرامترية من الأرض عن طريق أجهزة التيودوليت المصورة. ولكن بالرغم من ذلك فلم يقم التصوير الجوي بدور هام في المسح الطبوغرافي إلا بعد اختراع الطائرة قبل نشوب الحرب العالمية الأولى بقليل، فقد أتاحت الطائرة أنسب الظروف التي يمكن أن تعمل فيها آلة التصوير الجوية. ومع ذلك، فقد كان على الخرائط الطبوغرافية الدقيقة أن تنتظر نتائج المحاولات العديدة التي بُذلت لتطوير وإنتاج آلات التصوير المناسبة للظروف الجديدة.

وهكذا اتضحت تماماً أهمية وقيمة التصوير الجوي أثناء الحرب العالمية الأولى، وبعدها حدث تقدم عظيم في دراسة أساليب القياس الفوتوغرافي، وفي

التوفيق بينها وبين رسم الخرائط الطبوغرافية، كما اتضحت قيمة التصوير الجوي في كثير من الميادين العلمية المهتمة بدراسة أنماط سطح الأرض وتوزيعاتها الجغرافية، مثل علوم البيئة الطبيعية (الأيكولوجيا)، والغابات والزراعة والآثار، وكذلك علوم الجيولوجيا والجغرافيا والتربة، ثم علوم الهندسة والتخطيط الإقليمي.

ولكن الحرب العالمية الثانية، منذ نشوبها في عام ١٩٣٩، دفعت المساحة الجوية إلى الأمام وتم خلالها ـ لكثرة استخدام التصوير الجوي في سد الحاجة الملحة للجيوش المتحاربة إلى الخرائط السريعة والدقيقة ـ تحديد أسس المساحة الجوية. فمثلاً، في خلال الحرب الأخيرة تمكنت المساحة الجوية في الولايات المتحدة الأمريكية من مسح منطقة تبلغ مساحتها ١٥ مليون ميل مربع أي ما يزيد على ربع سطح الأرض وذلك باستخدام أجهزة التصوير المتعددة العدسات بمقاييس رسم صغيرة.

وقد حدث تطور عظيم في مجال التصوير الجوي خلال الخمسين سنة تقريباً التي أنقضت منذ انتهاء الحرب العالمية الثانية، فقد استخدم التصوير الجوي في مسح مناطق الدول النامية، وتم إنجاز عمليات المسح هذه بشكل أسرع وأرخص مما هو في عمليات المساحة الأرضية. وقد ساعد هذا كثيراً في تقييم الموارد الطبيعية وتطويرها وتنميتها والمحافظة عليها في هذه الدول. كما قد مكنت التطورات الحديثة في مجال التصوير الجوي من توسيع المساحات الأرضية التي يراد مسحها جوياً والمحددة بنقط معلومة.

وقد أسفر التقدم الهائل في مجال علوم الفضاء والتقنية (التكنولوجيا) العلمية عن بدء عصر الفضاء في عام ١٩٥٧. فعلى سبيل المثال، أطلق خلال فترة عشر سنوات فقط (١٩٥٧ ـ ١٩٦٧) أكثر من ٥٠٠ قمر اصطناعي إلى مدارات حول الأرض. وكان من نتيجة هذا الإنجاز العظيم، تلك الثورة العلمية في الدراسات الخاصة بتقوس سطح الأرض ـ والتي تعرف بالدراسات الجيوهيسية ـ وكان أول قمر اصطناعي أطلق لتقديم القياسات الخاصة بمشكلة

شكل الأرض نفسها، هو القمر الأمريكي «أنا رقم ١ ب ANNA 1B»، الذي أطلق في عام ١٩٦٢، ثم تتابعت بعده أقماراً اصطناعية جيوديسية أخرى أطلقها الأمريكيون والسوفيت (حينذاك) والبريطانيون منذ عام ١٩٦٥ و١٩٦٦. وقد أثبتت هذه الأقمار أنها لا تقل شأناً عن الطائرات في مجال التصوير الجوي لعمل الخرائط، إلا أنها قد تزيد عنها بأن الأقمار الاصطناعية كانت في البداية قادرة على تصوير رقعة مستطيلة من الأرض طولها نحو ٥٠٠٠ كيلومتر (٣٠٠٠ ميل تقريباً) في كل عشر دقائق. ويعني هذا أنه من الممكن رسم خرائط لكل سطح الأرض خلال بضعة أيام، وأن المسح الطبوغرافي أصبح أسهل نسبياً عن ذي قبل حيث مثل هذا العمل يحتاج إلى شهور طويلة مضنية من البعثات العلمية حتى تكتمل عملية المسح. ومن هنا يمكن القول بأن التصوير الجوي بالأقمار الاصطناعية أضاف بالفعل بعداً جديداً وخلاباً في الدراسات التي تهتم بفهم طبيعة وشكل سطح الأرض.

(٣) تطور أجهزة المساحة الأرضية.

ساهم التطور العظيم والتقدم الكبير الذي طرأ على أجهزة المساحة الأرضية في القرن العشرين على زيادة تقدم الخرائط ودقتها بدرجة لم يسبق لها مثيل. فقد شهدت طرق المسح الطبوغرافي منذ الخمسينيات من هذا القرن ثورة تقنية بظهور جهازين يستخدمان في القياس السريع للمسافات هما: جهاز الجيوديميتر Geodimeter وجهاز التيلوروميتر Tellurometer. والجهاز الأول يسجل سرعة الموجات الضوئية، وله قدرة فائقة في حالة المسافات القصيرة، أما الجهاز الثاني فيقيس المسافات بواسطة تسجيل الوقت الذي تنتقل فيه الموجات الكهرومغناطيسية بين نقطتين مرئيتين تفصل بينهما مسافة قد تصل إلى ٨٠ كيلومتراً، كما يصلح الجهاز لقياس المسافات في الأحوال التي يسود فيها الضباب، كذلك زود الجهاز بتليفون متنقل لتسهيل العمل فوق المسافات الطويلة، وتصل دقة الجهاز في القياس إلى نحو سنتيمتر واحد لكل كليومتر.

كذلك بدأت طرق المسح الأرضي تستخدم في الآونة الأخيرة الأقمار

الاصطناعية وأشعة الليزر Lesar beams والحاسبات الآلية، مما أضفى على هذه الفترة تغيراً جذرياً في الأجهزة والأساليب المتبعة في المساحة الأرضية عما كانت عليه من قبل. وقد أضاف كل ذلك إلى الثورة الهائلة التي شهدتها صناعة الخرائط في القرن العشرين. وبالرغم من كل هذا التقدم الذي شهده علم الخرائط (الكارتوجرافيا) في هذا القرن، إلا أنه لا يزال نحو أكثر من ٥٠٪ من سطح اليابسة ينتظر رسم خرائط طبوغرافية له بمقياس مناسب (مقياس ١/ ٢٥٠٠٠٠).

وفي المحصلة، تميز علم الخرائط (الكارتوجرافيا) في القرن العشرين بأن أصبح ميدانه فسيحاً ومتطوراً بفضل التقنيات الحديثة والأساليب الفنية الجديدة في صناعة الخرائط، وكذلك بفضل الثروة الكبيرة من المادة العلمية من التصوير الجوي، بالطائرات وبالأقمار الاصطناعية، وبيانات التعدادات المختلفة، سكانية كانت أو زراعية أو صناعية، وغيرها من البيانات عن مظاهر تطور ونمو المجتمع العاصر في القرن الحالي. وفي الوقت الحاضر، يتسم ميدان الخرائط بمرحلتين متميزتين، يمكن الفصل بين الخرائط التي تنتج في كل منهما: ففي المرحلة الأولى من النشاط الخرائطي يتوجه الاهتمام نحو إنتاج الخرائط الطبوغرافية التفصيلية لبيان الشقتين الأرضية والبحرية، وهي بالطبع خرائط كبيرة القياس توضح تفاصيل الظاهرات الجغرافية الطبيعية (أشكال سطح الأرض، والغابات، والمجاري المائية) والبشرية (الترع المصارف، الطرق، مراكز العمران الريفية والحضرية، المجمعات الصناعية) ويعتمد هذا النوع من الخرائط على العمليات المساحية الأرضية أو الجوية. ونظراً لأن هذه الخرائط تتضمن معلومات وبيانات عامة فقد يطلق عليها اسم «الخرائط عامة الغرض». أما المرحلة الثانية من النشاط الخرائطي فيتوجه الاهتمام فيها إلى استخدام الخرائط الطبوغرافية التفصيلية كقاعدة بيانات أساسية تجمع منها البيانات الأولية اللازمة لعمل الخرائط نوع من الخرائط يعرف باسم الخرائط الخاصة Special maps أو الخرائط الموضوعية Thematic maps، وهي بالطبع خرائط صغيرة المقياس، ومن أمثلتها، الخرائط الاقتصادية، وخرائط التربة والمناخ، والخرائط

الجيولوجية والسياسية والتاريخية والاجتماعية ـ وهي خرائط توزيعات لظاهرة جغرافية واحدة أو لأكثر. وعلى الرغم من أنه في داخل كل من هاتين المرحلتين نجد هناك تخصصاً في مراحل جمع المادة وتصميم الخرائط (عمليات المسح والرسم والطبع)، إلا أنه يمكن القول أن كل هذه التخصصات والمراحل تتداخل في بعضها البعض، وبالتالي لا يمكن التمييز بينهما أو تقسيمها تقسيماً صارماً، ذلك لأن الأساليب الفنية التي تتبع في كلتا المرحلتين متشابه إلى حد كبير، وأن الفصل بينهما نادر الحدوث، فلا يقتصر عمل من يقوم بإنشاء الخرائط الطبوغرافية ـ حالياً ـ عليها فقط، وإنما قد يقوم برسم أنواع معينة من الخرائط الخاصة مثل خرائط السكان وخرائط الطرق والمواصلات وخرائط استخدام الأرض.

الفصل الخامس
مستلزمات رسم الخرائط

تستلزم عمليات رسم الخريطة بالضرورة التعرف على الأدوات والوسائل التي تستخدم في إنتاج الخرائط. وعلى الرغم من كثرة وتنوع المواد والآلات التي يحتاجها الكارتوجرافي أو رسام الخرائط إلا أن معظم عمليات الرسم تحتاج فقط لعدد صغير من الآلات والأجهزة، وهي عادة بسيطة نسبياً ومصممة أساساً بحيث تعطى قدراً عظيماً من الإتقان والدقة. ومن المفيد لطالب الجغرافيا الذي لديه بعض الاستعداد في رسم الخرائط أن يكتسب قدراً من الخبرة والمهارة إذا تعرف على هذه الأدوات والوسائل وكيفية استخدامها بشكل مناسب وسليم عن طريق التمرين والمثابرة، فمهارات الرسم ـ كأي مهارة أخرى ـ تتطلب التنسيق بين اليد والعين والعقل.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن أجهزة وآلات الرسم أدوات دقيقة ومصنوعة من مواد جيدة النوع، وإذا كان التعامل معها بالحرص، كما أنه إذا حفظت نظيفة فسوف تعود بالفائدة على صاحبها. ويمكن تقسيم المواد والأجهزة والآلات التي تستخدم في رسم الخرائط إلى فئتين هما: المواد المستهلكة مثل أوراق الرسم والحبر والألوان وأقلام الرصاص، والأصول الثابتة من أدوات الرسم كمنضدة الرسم والمساطر والمثلثات والفرجارات وأقلام التحبير والريش. وفيما يلي دراسة تفصيلية لكل فئة من هذه المستلزمات على حدة.

أولاً ـ المواد المستهلكة:

١ ـ أوراق الرسم:

تتنوع أوراق الرسم المستخدمة في عمل الخرائط وتندرج من الورق العادي إلى أوراق القماش ثم البلاستيك، ومن ثم يجب اختيار أصلح الأنواع التي تناسب الغرض من وراء رسم الخريطة. ويشترط في الورق المستخدم في رسم الخرائط عدة شروط أهمها:

١ ـ أن يكون الورق غير قابل للتأثر بتغيرات الحرارة والرطوبة، أي لا يتغير شكله أو حجمه وبالتالي يتصف بأن الثبات البعدي له لا يتغير. ويتوقف ذلك على قدرة المادة المكونة للورق على تحمل هذه التغيرات. وهذا الشرط مهم عند رسم الخرائط التفصيلية من أجل المحافظة على مقاييس الرسم، ومهم أيضاً عند رسم سلسلة من الخرائط المتطابقة. وأجود أنواع الورق الملائمة لهذا الغرض هي الأنواع المصنوعة من القطن أو من قطع القماش البالية.

٢ ـ أن يعمل على التصاق الحبر به وذلك بقدرته على الإمساك بالحبر عن طريق مسامية سطحه مما يؤدي إلى تعمق الحبر قليلاً بداخله والالتصاق بأليافه عندما يجف الحبر. وهناك أنواع من الورق تتصف بأنها مندمجة جداً بحيث يخف الحبر ببساطة على سطحها، وبالتالي يصبح من السهل أن يتشقق الحبر ويمسح.

٣ ـ أن يحتفظ بعد انتهاء الرسم بملمس ناعم أي أن يكون من نوع لا يتأثر باستخدام الممحاة بمعنى قابلية سطحه للمسح والكشط. ويجب أن نشير إلى أن نعومة أو خشونة سطح الورق لها أثر واضح في استقامة الخط ودقته أثناء عملية الرسم.

٤ ـ أن يكون له رد فعل للبل. فعند تلوين الخرائط بالألوان المائية

والأحبار يجب اختيار نوع من الأوراق لا تتجعد أو تنكمش بشدة عندما تبلل بالألوان.

هذه هي أهم الخصائص التي تتطلبها عمليات الرسم من الورق. وينبغي أن نتعرف على مدى استجابة هذه الوسيلة التي ترسم عليها الخريطة. وتتمثل أنواع أوراق الرسم التقليدية في ورق الشف (الورق الشفاف) وورق الشف القماشي، ثم ورق الرسم المألوف (ورق البريستول) وورق الفلوم. وفي الآونة الأخيرة أصبحت أوراق البلاستيك والسلوفان منتشرة الاستخدام في رسم الخرائط.

وتصنع أوراق الشف (الكالك Calque) من القش وسوق نبات الذرة، وتستخدم الوسائل الكيماوية لجعلها شفافة. وهذا النوع من الورق يستخدم في شف الخرائط copying وكذلك في عمل الرسوم التخطيطية (الكروكية Sketching). ويختلف ورق الكالك من حيث درجة جودته التي تعرف من وزنه. فورق الكالك وزن ٥٠ جرام/ متر مربع خفيف ورفيع، بينما وزن ١٥٠ جرام/ متر مربع يعتبر من النوع الثقيل، والنوع الشائع الاستخدام وزنه ٧٠ ـ ٧٥ جرام/ متر مربع، ٩٠ ـ ٩٥ جرام/ متر مربع. ومهما ثقل نوع الورق فإن درجة شفافيته لا تتأثر بالوزن. ويباع الورق الشفاف Tracing بالمتر أو في علب أسطوانية تشمل الواحدة منها عدداً كبيراً من الأمتار (٢٠ متراً مثلاً) يصل عرضها إما إلى ٧٥ سنتيمتراً أو ١١٠ سنتيمتراً، وتباع هذه الأوراق تحت أسماء تجارية متعددة مثل ورق جيتواي Gateway وورق الكانسون Canson وهو أشهرها. ويتأثر ورق الكالك بالرطوبة تأثيراً كبيراً فعندما تصل درجة الرطوبة النسبية إلى ٤٠٪ يتمدد الورق في كل الاتجاهات بمقدار ٢٪ تقريباً من مساحته لذا يجب عدم استخدام هذا الورق في الأعمال الدقيقة، كما أنه ليس من المستحسن أن ترسم خريطة على الورق الشفاف إذا كان الغرض تصويرها، وذلك لأن الضوء القوي الذي سيسلط عليها بقصد التصوير سوف يجعل للخطوط الدقيقة ظل سميك على الورقة التي يتوضع خلفها لإظهارها وبالتالي يظهر هذا الخط سميكاً

في الصورة. هذا بالإضافة إلى أن التلوين على الورق الشفاف ليس مستحباً.

أما ورق الشف القماشي Tracing cloth فسطحه مصقول بالغراء، وهو أكثر احتمالاً من ورق الشف العادي (ورق الكالك). وأوراق الشف القماشي من الأنواع المهمة جداً في رسم أصول المشروعات الهندسية، ولكنه من النادر أن يستخدم في رسم الخرائط الجغرافية، وذلك لأن عملية الرسم عليه ليست أمراً سهلاً، إذ كثيراً ما يعرقل الغراء سير قلم التحبير على سطح الورق. وبصفة عامة نلاحظ أن هذا النوع من الورق يمكن أن يتجعد إذا تعرض للبلل الكثير.

أما أوراق الرسم العادية، فتتنوع من حيث الخصائص الأساسية، كالسمك وحالة السطح، وهي غير شفافة نسبياً، ولكنها تمثل سطحاً ممتازاً للرسم ولا تتأثر الأنواع الجيدة منها بالبلل. ومن أشهر أنواع ورق الرسم العادي هو ورق البريستول Bristol ويفوقه ورق ستراتمور Strathomre وورق المانيلا الذي يفضل عند الرسم بالقلم الرصاص لتجهيز مسودة الخريطة، ولكن لا يستخدم عند رسم الخريطة النهائية بل يفضل استعمال ورق ذي نسيج متجانس. وهناك نوع خاص من الورق الذي يستعمل لهذا الغرض يسمى ورق الفبريانو وهو على نوعين إما ملفوف Rolled paper أو على شكل لوحات. ولكن يعاب على هذا النوع أن درجة تمدده وانكماشه في الاتجاه الطولي تختلف عن الاتجاه العرضي له، ويترتب على ذلك تشقق الخريطة، كما أنه من الصعب وضع الورق الملفوف مسطحاً flat، وانسب طريقة لذلك هي لف لوحة الورقة على أسطوانة في وضع عكسي.

أما ورق الفلوم Vellum paper فإن اسمه مشتق من كلمة Vellum والتي تعني حرفياً جلد بعض الحيوانات وبالذات جلد الماعز أو الأبقار الصغيرة وهو جلد دقيق الحبيبات، وهذا النوع من الورق شبه شفاف ويشرب قليلاً بالزيت، والغرض من الزيت هنا أنه يحول دون تمدد الورق أو انكماشه بفعل الرطوبة. لذا فإنه يستخدم في الغالب في رسم الخرائط الملونة، والرسم به ليس سهلاً

لأن ريشة التحبير لا تجري عليه بسهولة. ولذا فيفضل عليه ورق الرسم الرقيق؛ هذا بالإضافة إلى أن ورق الفلوم يتحول لونه إلى اللون الأصفر إذا مضت عليه عدة سنوات، كما أن الورق الأصفر غير قابل للتصوير أو النسخ كما هو معروف.

أما ورق القماش الشفاف فهو نوع من الورق المصنوع من القماش له نسيج دقيق يعالج بطريقة معينة ليعطي درجة شفافية ونعومة، ولذا فإنه يستخدم في حالة الرسومات التي سوف تتناول بكثرة. ويتميز هذا النوع من الورق بأن له وجهاً لامعاً وهذا الوجه لا يستخدم إلا نادراً بالرغم من أن الحبر يثبت عليه. وكذلك لا يستخدم القلم الرصاص في الرسم عليه إذ أنه يلطخه بالسواد عند إزالته بالممحاة وهذا الورق لا يتلف بمضي الوقت ولكنه يتجعد إذا لامسه الماء.

وقد ظهرت حديثاً أنواع كثيرة من أوراق الرسم المصنوعة من البلاستيك. وتتدرج سطوح لوحات البلاستيك من السطح الناعم إلى السطح غير اللامع، وتوجد في درجات مختلفة من الشفافية والسُمك. وهناك مميزات كثيرة للوحات البلاستيك منها عدم قابليتها للتمدد والانكماش بدرجات كبيرة إذ أنها لا تتأثر بالتغيرات الجوية، كما أنها تصلح لرسم الخرائط الكثيرة الألوان، وهي أكثر احتمالاً من الورق وتظهر ميزة ورق البلاستيك عند انسكاب زجاجة حبر مثلاً عليه، فباستعمال قطعة من قماش الموسلين مبللة بالماء أو الكحول يمكن إزالة الحبر بسهولة فلا يترك أي أثر له. وأشهر أنواع ورق البلاستيك ذلك النوع المعروف باسم Permatrace وهو مصنوع من نفس المواد التي تصنع منها الأفلام الفوتوغرافية. ومع ذلك فبعض أنواع ورق البلاستيك لها عيوب أيضاً، إذ نجد بعضها صلب للغاية وبحيث يجعل أدوات الرسم تبلى بسرعة، كذلك لا تلتصق بها أحبار الرسم العادية التصاقاً جيداً، وبالتالي فقد يؤدي المسح غير الحذر إلى تشويه وإتلاف الرسم الذي تم تحبيره.

أما ورق السلوفان Collophane فيستخدم إذا كان المطلوب شف ونقل التفاصيل من الصور الجوية، وهناك نوع خاص من الحبر المصنوع من إفرازات وشحوم بعض الأسماك يطلق عليه اسم الحبر الزفر وهو الذي يستخدم للتحبير على أوراق السلوفان.

ويجب أن نضيف إلى كل هذه الأنواع مجموعة أخرى من الأوراق الخاصة التي يستعان بها في رسم الخرائط ومنها ورق رسم القطاعات الطولية، وورق رسم القطاعات العرضية، وورق الرسم البياني (ورق شبكات المربعات) سواء بالسنتيمتر أو البوصة، ويستخدم في الرسوم البيانية وفي قياس المسافات والمساحات على الخرائط. وتوجد هذه الأوراق إما شفافة أو غير شفافة. وبالإضافة إلى ذلك هناك ورق الكربون الذي يستخدم في حالة نسخ الخرائط، إلا أنه يجب أن يجرب بعيداً عن اللوحة أولاً وذلك لأن معظم ورق الكربون المتداول يكون مغطى بطبقة شمعية يصعب إزالتها. ويستخدم ورق الكربون أساساً في نقل الخرائط المرسومة على الوجهين والتي لا يمكن استخدام اللوح الزجاج في شفها.

٢ ـ "أحبار الرسم":

يسمى الحبر الأسود المستخدم في أغراض الرسم بالحبر الشيني (الصيني) ولكنه يعرف بالحبر الهندي Indian Ink عند الأوروبيين لأنه كان يباع قديماً في شكل أقراص صغيرة جاءت إليهم من الهند أصلاً. وفي الأزمنة الماضية كان يكشط الحبر من الأقراص ويذاب في الماء، أما الآن فيباع هذا الحبر مذاباً جاهزاً. وهو يتكون من ذرات دقيقة جداً من الكربون المذابة في سائل يتألف من مجموعة من العناصر المختلفة، ولهذا السائل نفس الكثافة النوعية للكربون، ولهذا لا يترسب فيه الكربون وإنما يظل معلقاً دوماً. والحبر الهندي لونه شديد السواد، ومن ثم فإن له خصائص ممتازة في التصوير الفوتوغرافي لغرض الطباعة. ومعظم أصناف الحبر الهندي لا تتأثر بالماء Waterproof أي أن الحبر

لا يذوب إذا ابتل بالماء بعد أن يكون قد جف. ونظراً لخاصية الجفاف السريع للحبر الهندي فيجب عند استعماله أن تغلق زجاجته. وهناك أيضاً عدة أصناف من الأحبار الملونة التي لا تتأثر بالماء وهي شفافة وتستخدم في رسم الخرائط الملونة، وهناك ألوان من الحبر تستخدم أيضاً في الرسم ومعظمها له خاصية أنه يصبح سميك القوام في وقت قصير. وهذا النوع من الحبر يستخدم في الرسم على لوحات البلاستيك. وهي مركبة بحيث تصبح جزءاً من سطح لوحة البلاستيك، ومن ثم نجد صعوبة بالغة في إزالتها إذا كنا بصدد تصحيح بعض الأخطاء في الرسم. ويستخدم لهذه الأنواع من الحبر أقلام تحبير خاصة نظراً لكثافة قوامها.

٣ ـ الألـوان:

يستخدم في تلوين الخرائط تلك الأنواع من الألوان غير المعبأة في أنابيب أو التي في شكل أقراص. وتفضل عليها الأنواع التي تقل بها نسبة الغراء أي غير الألوان التي تصنع للرسامين لغرض يختلف عن الغرض المطلوب في رسم الخرائط، وذلك لأن الألوان التي تحتوي على نسبة مرتفعة من الغراء تلتصق في مكانها جيداً ولا تنتشر. وتعرف الألوان التي تستخدم في رسم الخرائط باسم ألوان الأنيلين Aniline وهي ألوان بودرة في الأصل ثم تصنع منها عجينة يمكن إذابتها بعد ذلك في الماء. وقد تحفظ الألوان الذائبة في زجاجات صغيرة بحيث تكون جاهزة للاستعمال مباشرة.

٤ ـ أقلام الرصاص:

تصنع أقلام الرصاص من عجينة من الجرافيت المخلوط بالطين النقي ومواد إضافية أخرى تساعد على اندماجهما، ثم تغلف هذه المادة عادة بخشب الأرز. والجرافيت مادة لينة، وكلما زادت بنسبة الطين المخلوط بها كلما زادت صلابتها. والقلم الرصاص الجيد هو الذي تكون خطوطه سوداء قاتمة ولا ينبري بسرعة كذلك لا يكسر بسهولة. وليس من السهل أن تجمع هذه الخصائص في

قلم واحد. ولهذا كانت هناك أنواع من الأقلام الرصاص التي تستخدم في رسم الخرائط.

وتتفاوت الأقلام الرصاص في درجة صلابتها إذ تبدأ أصلب الأنواع من 9H ثم النوع المتوسط HB وأخيراً أنعم أو ألين الأنواع وأقلها صلابة 6B، والنوع الأخير نادراً ما يستخدم في رسم الخرائط لأن الرصاص الناعم لن يحافظ على بقاء السن الرفيع للقلم وهو المطلوب في الرسم، كما قد يسهل تلوث الخريطة من زيت الخليط. ومن ثم فإن أنسب الأقلام الرصاص في معظم الأعمال الكارتوجرافية هي 5H، 4H، 3H أي من الأنواع الصلبة، ولا يستحب استخدام أقلام أصلب من 5H لأن الصلابة الزائدة للقلم سوف تؤدي إلى تشويه لوحة الرسم إذا ما ضغطنا عليها لكي يكون الخط مرئياً.

وتحدد لوحة الرسم نوع القلم الذي يمكن استخدامه من حيث الصلابة فالورق الناعم يحتاج إلى قلم ناعم، كما أن النوع HB هو النوع الملائم لعمل الخرائط التقريبية على لوحات من ورق البريستول بينما النوع 4H,2H يستخدم على نفس اللوحات عندما يكون الرسم المطلوب رسماً دقيقاً. وعند الرسم على ورق الفلوم يجب أن تستخدم أقلام أصلب من ذلك. ويفضل أحياناً بعض الكارتوجرافيين الأقلام المعدنية التي تملأ بالرصاص لأنها لا تحتاج إلى مبراة لأن الرصاص المستخدم يكون رفيعاً، ولكن على الرغم من ذلك نجد أن بري القلم يكون ضرورياً. وينبغي حفظ الأقلام بسن رفيع إذا أردنا استخدامها في رسم خطوط دقيقة. وتبرى الأقلام بالمبراة ويدلك السن بقطعة من ورق السنفرة الخفيفة. وهناك المبراة الآلية وهي أفضل وأسرع، وأجود أنواعها تلك التي تجعل سن القلم طويل ورفيع لدرجة تكفي رسم الخريطة.

وهناك أنواع من الأقلام الملونة وهي تستخدم في رسم وتخطيط مسودة الخريطة، وكذلك في تلوين بعض المساحات على الخرائط، ويحسن في هذه الحالة أن يكون التلوين خفيفاً. وفي حالة الخرائط التي تعمل لها صورة فإنه

يحسن استخدام الأقلام الملونة الزرقاء لوضع أي علامات خاصة وذلك لأن اللون الأزرق لا يظهر في التصوير، ومن ثم لن تظهر هذه العلامات المؤقتة في الخريطة المطبوعة.

٥ ـ الممحاة:

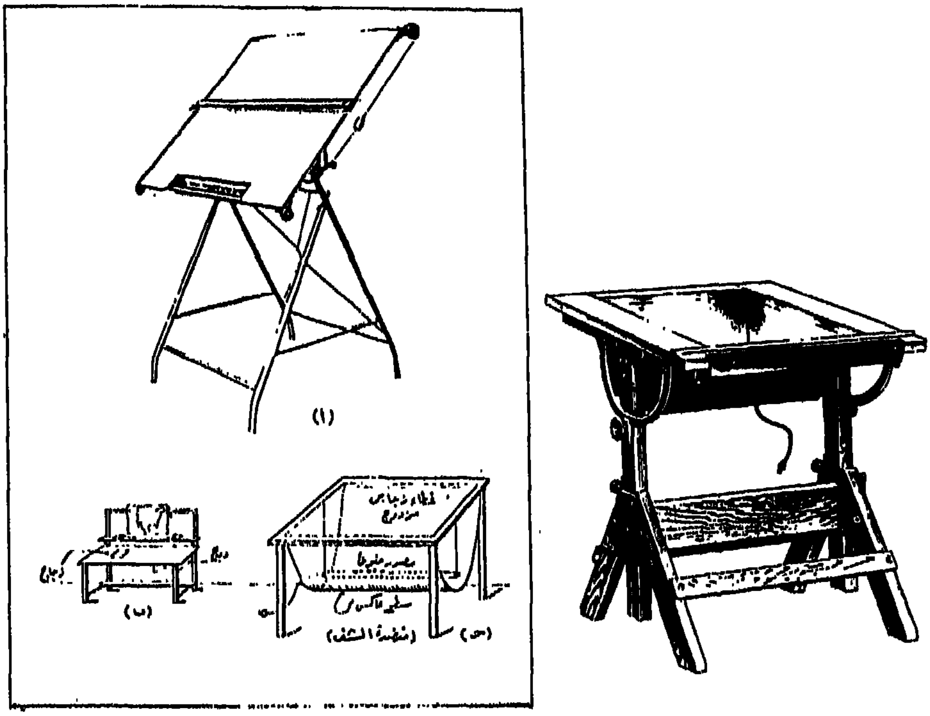
يحتوي كثير من أنواع الممحاة على الرمل ولهذا كانت تتلف سطح ورقة الرسم. ولذا أيضاً كان من الضروري أن نختار الأنواع اللازمة من الممحاة عند رسم الخرائط. وأفضل الأنواع لمسح خطوط الرصاص هي النوع المعروف باسم Artgum وهو النوع الذي تزيد فيه نسبة المطاط عن الرمل.

ثانياً ـ الأصول الثابتة

١ ـ منضدة الرسم:

تختلف منضدة رسم الخرائط في تصميمها عن منضدة المساح أو المهندس. وتصنع منضدة الرسم من الخشب اللين بحيث تكون مستوية السطح. وهي ذات أحجام متعددة أصغرها يبلغ ٤٥ × ٦٠ سم، أما لوحات الرسم الأكبر حجماً من ذلك فتتصف بأنها يمكن تعديلها وتحريكها من حيث الميل والارتفاع. ويفضل أن يكون سطحها مدهوناً باللون الأبيض أو إذا تعذر ذلك تغطى لوحة الرسم الخشبية بغطاء ورقي أبيض أو فاتح اللون (شكل رقم ١ ـ ٥) وذلك لكي يكون التباين قوياً بين اللوحة وسطح الورق الشفاف في حالة الرسم على ورق شفاف ومن ثم يقل إجهاد العين أثناء عملية الرسم.

وهناك منضدة من نوع خاص تسمى منضدة الشف Tracing-table (شكل رقم ١ حـ ـ ٥) وتستخدم عند نسخ أو شف الخرائط على سطح غير شفاف مثل ورق الرسم الأبيض. ويتكون سطح هذه المنضدة من زجاج متين شفاف ويحسن أن يكون اللوح الزجاجي مزدوج (لوحات بينهما فراغ) لمنع الحرارة الشديدة على الزجاج ويضاء من أسفل بواسطة مصباح كهربائي عادي أو بضوء

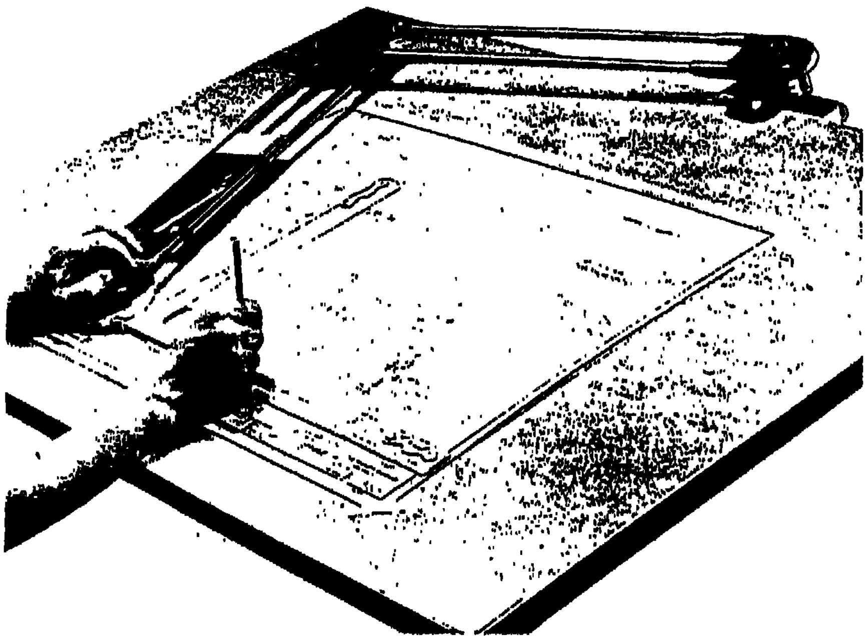


(شكل رقم: ١ ـ ٥) أشكال منضدة رسم الخرائط.

الفلورسنت. ويجب أن يكون تركيب المصباح سهل الحركة حتى يسهل تحريك مصدر الضوء في الاتجاهات المختلفة لأن تحريك مصدر الضوء يمنع ظهور ظلال أطراف الآلات على ورق الرسم. وهذه مسألة ضرورية عند توقيع المواقع أو رسم الخطوط الدقيقة.

وهناك الكثير من أنواع مناضد الرسم ومن أكثرها فائدة للكارتوجرافي المنضدة المعروفة باسم جهاز الرسم Drafting machine (شكل رقم ٢ ـ ٥) وهذا الجهاز يتكون من ذراع معدني يثبت طرفه في منضدة الرسم، وينتهي طرفه الآخر بمسطرة معدنية على شكل زاوية قائمة ويتحرك الذراع بحرية في أي اتجاه ولكنه يحافظ على وضع متوازي أينما كانت حركته. ويمكن إدارة نهاية الذراع

وتثبيتها عند قيم معينة بالدرجات. ويفيد هذا الجهاز في رسم الخطوط المتوازية في أي اتجاه مطلوب ثم رسم خطوط عمودية عليها.



(شكل رقم: ٢ ـ ٥) جهاز الرسم من طراز باراجون.

ويفضل في بعض الأحيان أن يكون لمنضدة الكارتوجرافي رف توضع فوقه الكتب والمراجع على أنه يجب أن يتحرك ورق الرسم بسهولة أسفل الرف أي على سطح المنضدة الذي يكون مائلاً قليلاً عن الوضع الأفقي ناحية الجالس إلى المنضدة. وهذا أيضاً يجعل تحريك لوحة الرسم أمراً سهلاً خاصة عند تحبيرها. وقد تزود منضدة الرسم من هذا النوع (شكل رقم ١ ب ـ ٥) بدرج تحفظ فيه أدوات الرسم ويكون في مكان لا يتعارض مع وضع ساقي الكارتوجرافي وقت إجراء عملية الرسم.

٢ ـ أدوات الرسم:

تنقسم الأدوات التي نحتاجها في رسم الخرائط إلى ثلاث فئات هي: أقلام وريش التحبير، وأنواع من الفرجارات وأنواع من المقسمات.

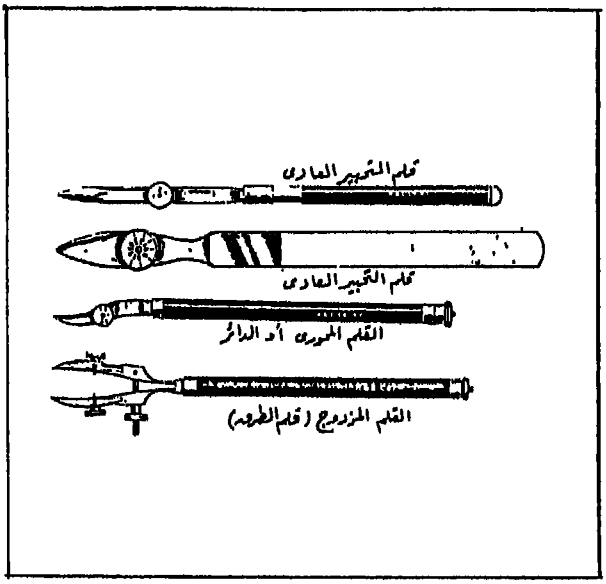
(أ) أقلام التحبير Rulling pens:

تشتمل أقلام التحبير على أنواع كثيرة تتباين في أغراضها إلا أن أهم أنواعها الرئيسية المستخدمة في الرسم يمكن بيانها كما يلي:

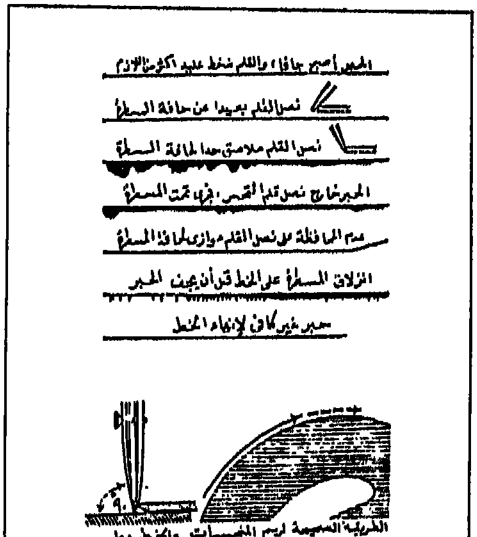
* قلم الجدول:

وهو ربما أكثر أدوات الرسم استخداماً، إذ يستعمل لتحبير الخطوط المستقيمة. ويتركب قلم الجدول من نصلين مدببين متساويين في الطول (شكل رقم ٣ ـ ٥) ويملأ القلم بوضع الحبر بواسطة قطارة أو ريشة بين النصلين. ويمكن التحكم في المسافة بين نصلي قلم الجدول عن طريق المسمار الجانبي الصغير، وبالتالي يمكن أن نرسم به خطوطاً مستقيمة مختلفة السمك. ويجب أن يحفظ قلم الجدول نظيفاً من الحبر، لأن الحبر إذا بقي في القلم وقتاً أكثر من اللازم سوف يجف قليلاً وبالتالي لا تنساب نفس كمية الحبر بين النصلين، الأمر الذي لا يمكن معه أن نحصل على خطوط متناسقة أو منتظمة السمك. وعند التحبير يجب أن يكون وضع القلم رأسياً على لوحة الرسم مع ميله ميلاً خفيفاً ناحية اليمين، كما لا يجب أن نضغط على القلم إلا بالقدر الذي يعطي خطاً واضحاً. كما يجب أن لا نفرط في ملء القلم بالحبر، إذا كان هناك حبراً زائداً في القلم قبل بداية الرسم فيمكن سحب جزء منه عن طريق وضع ورقة نشاف أو قطعة قماش لكي تتشربه. ويوضح الشكل رقم (٤ ـ ٥) الأوضاع الصحيحة والخاطئة عند استخدام قلم الجدول في التحبير.

وهناك نوع من قلم الجدول يدور نصليه على محور متحرك ويسمى بالقلم الدائر Swivel-pen أو قلم الكنتور. وهو يستعمل في رسم الخطوط المنحنية



(شكل رقم: ٣ ـ ٥) أهم أنواع أقلام التحبير.

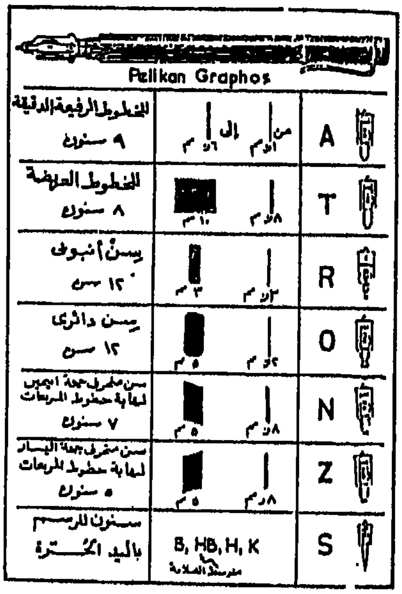


(شكل رقم: ٤ ـ ٥) بعض الأخطاء الشائعة في استخدام قلم التحبير والطريقة الصحيحة في رسم الخطوط على الخريطة.

انحناءً بسيطاً وفي رسم خطوط الكنتور. ومنه نوع مزدوج الرأس ويسمى في هذه الحالة بقلم الجدول المزدوج Double-rulling-pen أو قلم الطريق Road pen أو قلم الخطوط المتوازية، وفي بعض الأحيان يسمى قلم السكك الحديدية. ولكنه يحتاج إلى مهارة معينة، فلكي نرسم به خطوطاً منتظمة الشكل يجب أن يكون هناك ضغطاً متساوي على النصلين، كما يجب أن نمسك بالقلم في وضع عمودي على سطح ورقة الرسم. فهذه الأقلام المحورية ـ المنفردة أو المزدوجة ـ تستخدم بنفس الطريقة التي نستخدمها عند الرسم بقلم الجدول العادي ـ فيما عدا أنها تستخدم عادة باليد الحرة الحركة Freehand ـ أي دون استعمال المسطرة التي توجه القلم العادي.

* قلم الجرافوس Graphos:

وهو نوع متطور من قلم الجدول ولكنه يفضله وذلك لأن به خزاناً يملأ بالحبر دون الالتجاء إلى وضع الحبر كل فترة وأخرى. ولكل نوع منه مجموعة من السنون المختلفة الحجم والتي نرسم بها خطوطاً مختلفة السمك، ويمكن استبدال أي سن منها بآخر يتم تركيبه في يد القلم حسب الحاجة أثناء عملية الرسم والتحبير. ويتميز قلم الجرافوس بأن له سبع مجموعات من السنون (شكل رقم ٥ ـ ٥) تختلف كل مجموعة منها عن الآخر في شكل السنون. فمثلاً المجموعة التي يرمز لها بسن حرف A تتكون من ٩ سنون وهي تستخدم لرسم الخطوط الرفيعة الدقيقة والتي يتدرج سمكها من ١ ,٠ ملم إلى ٦ ,٠ ملم. أما المجموعة التي يرمز لها بالحرف T فهي تستخدم لرسم الخطوط السميكة نوعاً (من ٨ ملم إلى ١٠ ملم) وعددها ٨ سنون. وهناك مجموعة يرمز لها بالحرف R وهي التي ينتهي طرف السن فيها بتجويف، وتستخدم سنون هذه المجموعة في الرسم باليد الحرة الحركة خاصة لرسم الخطوط المنحنية على ورق الكالك فقط، وعددها ١٢ سناً. وأشهر أنواع الجرافوس ذلك النوع المعروف باسم بليكان Pelikan.

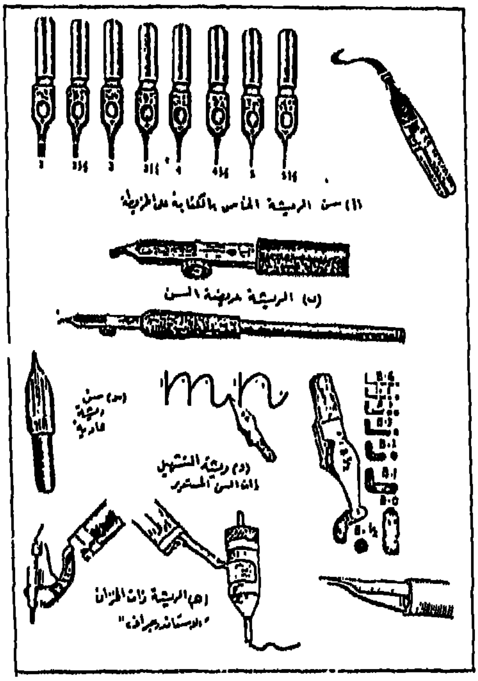


(شكل رقم: ٥ ـ ٥) أنواع سن ريش التحبير لقلم الجرافوس

الريش Pens:

هناك أنواع كثيرة من الريش (شكل رقم ٦ ـ ٥) التي تزود بالحبر من أجل الرسم. ومن أكثر أنواع الريش استخداماً في رسم الخرائط هي الريشة ذات الطرف الرفيع أو المسلوب Quill-type. وهي مصنوعة من نوع جيد من المعدن. وهناك تنوع عظيم منها، فبعضها صلب يرسم خطوطاً متناسقة السمك، وبعضها الآخر مرن جداً يستخدم في رسم الخطوط التي تتطلب سمكاً متغيراً ـ مثل خطوط الأنهار في الخرائط صغيرة المقياس ـ وعند الرسم يمكن غمس الريشة في زجاجة الحبر بالقدر التي لا يملأ تجويفها، ولكن الأفضل استخدام قطارة الحبر ووضع نقطة حبر في الجانب الداخلي للريشة، لأن ذلك سوف يساعد على إنتاج خطوط أدق. ويتم وصول الحبر إلى سن الريشة خلال شق طولي في وسط السن. ويجب تنظيف السن دائماً من الحبر لأن ذرات الكربون

إذا سدت هذا الشق فإن ذلك سوف يؤدي إلى عرقلة انسياب الحبر ةلا يلامس بسهولة سطح ورقة الرسم.



(شكل رقم: ٦ ـ ٥) بعض أنواع ريش التحبير.

وهناك أنواع من الريش عريضة السن Stub-pen، وهي لا تختلف عن النوع العادي إلا من حيث شكل السن، فهو هنا ينتهي بطرف عريض بدلاً من أن يكون مستدق الطرف. ويستخدم هذا النوع من الريش في كتابة الخريطة بخط اليد لأنه ينتج عنها خطوطاً مختلفة السمك حسب تحريك الريشة عمودياً أو أفقياً على سطح ورقة الرسم.

ومن الريش أيضاً ما يعرف باسم ريشة التشهيل Speedball-pen وهي عبارة

عن سن ريشة عادية. ولكن طرف السن ينتهي بزائدة دائرية أو مربعة الشكل مصنوعة بزاوية معينة، بحيث إذا أمسكنا الريشة في الوضع المعتاد فسوف تنطبق الزائدة تماماً على سطح الورق. وهناك درجات مختلفة لكل نوع من أشكال زائدة هذه الريش، وذلك لرسم خطوط مختلفة السمك. وفي الريشة نفسها خزان صغير للحبر يملأ بالقطارة.

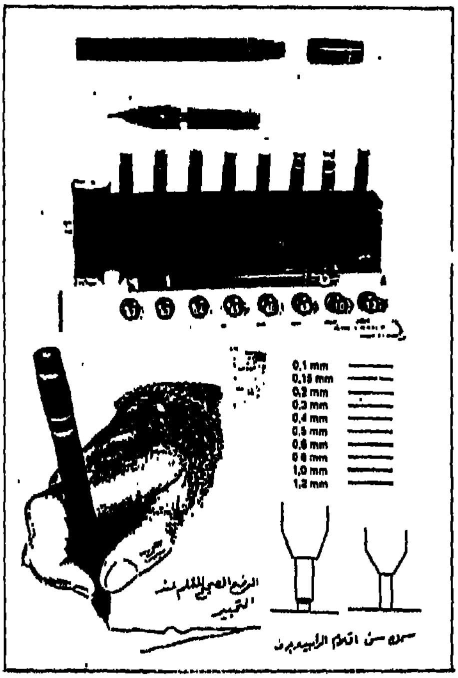
وهناك أيضاً نوع خاص من الريش يسمى بالريش ذات الخزان. وهذا النوع يتركب أساساً من أسطوانة صغيرة تشمل خزان الحبر وتنتهي بسن دائري مجوف، وهو على درجات مختلفة السمك بحيث يرسم كل سن خطاً متناسقاً بسمك معين. وأشهر أنواعها: الاستاندرجراف Standardgraph، واليونو Uno-pen.

الرابيدوجراف:

وهي أقلام مصنوعة على شكل أقلام الحبر العادية، وبذلك تحتوي على خزان كبير للحبر (شكل رقم ٧ ـ ٥) الأمر الذي لا يستلزم إعادة ملء القلم بالحبر على فترات قصيرة. وتستخدم هذه الأقلام في رسم جميع الخطوط المستقيمة والمنحنية الرفيعة والسميكة. وسن الراسم في هذه الأقلام عبارة عن قطعة من البلاستيك مثبت بها سلك رفيع يجري داخل أنبوبة معدنية رفيعة لتنظيم مرور الحبر بداخلها. وتجدر الإشارة إلى أن استخدام أقلام الرابيدوجراف على الورق الخشن الملمس يتلفها بسرعة.

(ب) الفرجارات Compasses:

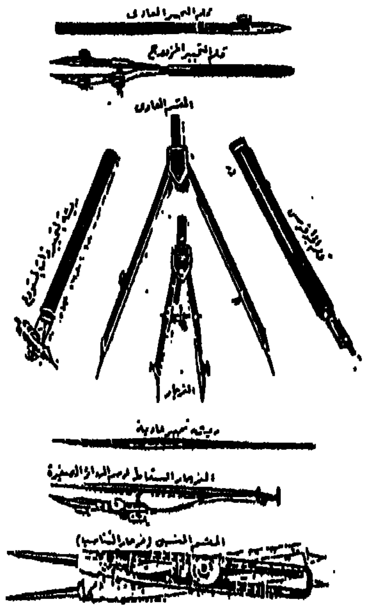
يستخدم الفرجار كما هو معروف في رسم الدوائر والأقواس. وهناك عدة



(شكل رقم: ٧ ـ ٥) قلم الرابيدوجراف والطريقة الصحيحة لاستخدامه.

أنواع من الفرجارات لرسم الدوائر المختلفة المساحات. (شكل رقم ٨ ـ ٥) ويوجد في مجموعة أدوات الرسم فرجاران أساسيان، أحدهما كبير والآخر صغير. ومعظم الفرجارات المستخدمة في عمليات الرسم مصنوعة بحيث يمكن تبديل مكان القلم الرصاص بقلم جدول. كما قد يستخدم معها ذراع إضافي يركب في تجويف الفرجار الكبير بغرض رسم دوائر كبيرة القطر. أما فرجار الدوائر الصغيرة فيسمى بالفرجار السقاط Drop compass لأن ذراع قلم الجدول في هذا الفرجار يتحرك ويدور بحرية حول محور الذراع الآخر المنتهي بالسن الحديد. وعند استخدامه في الرسم ترفع ذراع قلم الجدول إلى أعلى جزء في ذراع المحور، ثم نثبت السن الجديد في مركز الدائرة المراد رسمها ثم نترك

ذراع قلم الجدول يسقط مع لفة بسرعة، فترسم الدائرة الصغيرة.



(شكل رقم: ٨ ـ ٥) بعض أنواع الفرجارات والمقسمات وبعض أدوات التحبير.

(ب) المقسمات Dividers:

تستخدم المقسمات ـ كما يستدل من اسمها ـ في تقسيم الخطوط إلى أجزاء متساوية وكذلك في نقل الأبعاد من المسطرة إلى ورقة الرسم ويترك المقسم من ساقين ينتهي كل منهما بسن حاد بحيث يمكن فتح الساقين وضبطهما على المسافة المطلوبة. ومن أنواع المقسمات النوع المعروف بالمقسم النسبي أو فرجار التناسب Propotional divider وله مجموعتان من الأطراف المدببة الحادة، ويمكن ضبط موضع المحور المتحرك بينهما، بحيث أنه مهما كانت مسافة الفتحة بين أحد الطرفين، فسوف تظل المسافة بين الطرفين الآخرين بنسبة ثابتة مع المسافة الأولى. ويفيد المقسم النسبي ـ كما سنعرف فيما بعد ـ في

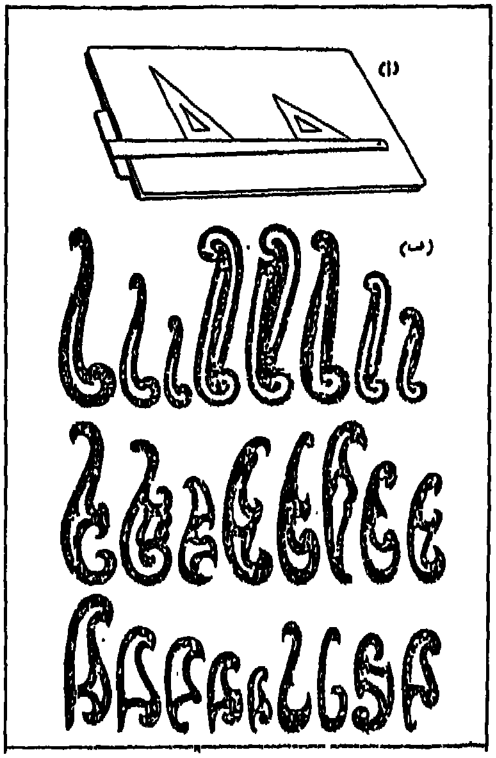
نقل التفاصيل بالتكبير أو التصغير على الخرائط.

٣ ـ المساطر:

تصنع المساطر من الخشب أو الصلب أو العاج وهي بأنواع كثيرة من أهما:

(أ) مسطرة حرف T: تناسب هذه المسطرة كل احتياجات رسم الخرائط وهي تصنع من المعدن أو الخشب أو الباغة Celluloid، وقد تزود بحد لدن شفاف وذلك لإمكانية رؤية جزء من الرسم تحت المسطرة، وبذلك تستطيع أن تبدأ رسم الخطوط والتوقف بها عند الأماكن المحددة والصحيحة لها. وتستخدم المسطرة بحيث تتحرك على جانب واحد من لوحة الرسم. وإذا أريد رسم خط عمودي على خط مرسوم على طول المسطرة حرف T فإنه يمكن استخدام المثلث الذي يوضع على حافة المسطرة وليس بتغيير وضع المسطرة على الجانب الأعلى للوحة الرسم.

(ب) مسطرة المنحنيات: وتسمى أحياناً باسم French curves (شكل رقم ٩ ـ ٥) ولها أطراف منحنية نسند إليها القلم الرصاص أو قلم التحبير عندما نريد رسم خطوط سلسلة الميل، ولكنها لا تستخدم في رسم أقواس الدوائر التي يفضل رسمها بالفرجار. ويحسن عند تحبير الخطوط المرسومة بهذه المساطر، أن نضع تحت مسطرة المنحنيات قطعة من الورق المقوى أو الورق النشاف لترتفع حافة المسطرة قليلاً عن سطح ورقة الرسم حتى لا ينساب الحبر تحت حافة المسطرة. وهناك نوع من مساطر المنحنيات التي يستخدم في رسم خطوط المنحنيات الكبيرة تعرف باسم المسطرة المرنة Flexible curve التي تصنع عادة من البلاستيك اللدن، أو الكاوتشوك المقوى، ويمكن تشكيلها كما نريد حسب المنحنى المراد رسمه، كما ترسم بها خطوط الطول ودوائر العرض المنحنية. وهناك نوع من المساطر المرنة له فقرات في تركيبه بحيث تتداخل الفقرات أو تتسع حسب حركة تشكيل المسطرة (شكل رقم ٩حـ ـ ٥).

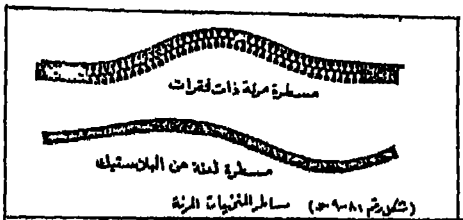


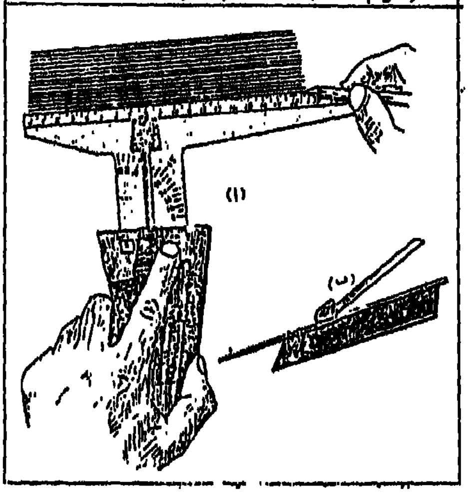
(شكل رقم: ٩ ـ ٥):

(أ) مسطرة حرف T وبعض المثلثات، (ب) مسطرة المنحنيات.

(ج) مساطر القياس Scales: وهذه تصنع من سبيكة من الصلب ذات معامل تمدد صغيرة جداً، ولا تتأثر بالظروف الجوية وأحياناً تصنع من الصلب الجيد الذي يغطى بعازل من العاج. وهذه المساطر مثلثة المقطع ولذا فلها ستة جوانب، وكل جانب مقسم إلى وحدات وأجزائها حسب مقاييس الرسم الشائعة الاستعمال في الخرائط مثل ١: ١٠٠، ١: ٢٠٠، ١: ٢٥٠٠، ١: ٤٠٠، ١: ٥٠٠، ١: ٧٥٠ وتدريجها دقيق جداً يصل إلى نصف ملليمتر.

وإلى جانب مساطر القياس هناك المساطر العادية المصنوعة من الخشب





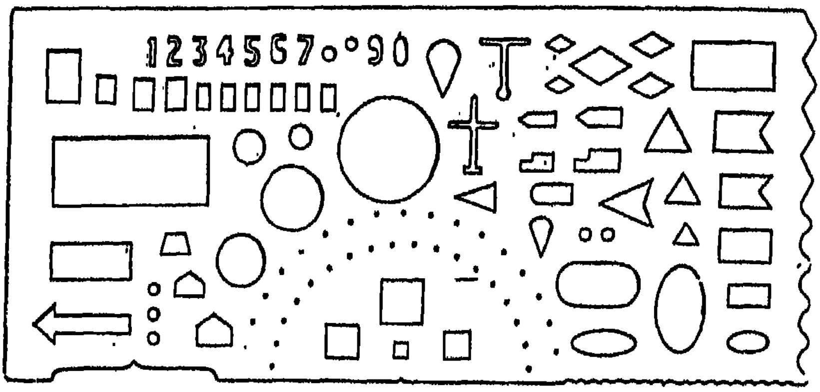
(شكل رقم: ١٠ ـ ٥) (أ) جهاز التسطير الآلي. (ب) مسطرة التوازي العادية.

أو المعدن أو السليلويد، وذلك لضرورة استخدامها في قياس المسافات. ومعظم المساطر المستخدمة يتراوح طولها بين ١٢ ـ ١٨ بوصة.

(د) مسطرة التوازي Parall ruler: وهي تستخدم أساساً في رسم الخطوط المتوازية أو تظليل المساحات على الخرائط بنمط يتكون من خطوط متوازية متقاربة جداً. ومن أنواع هذه المساطر نوع حديث يسمى جهاز التسطير الآلى Automatic line spacer. (شكل رقم ١٠ ـ ٥) ويتكون أساساً من مسطرة شفافة تتحرك آلياً كلما ضغطنا على صمام أو زر بالجهاز بحيث تحافظ المسطرة على مسافة ثابتة، وبالتالي يمكن رسم مجموعة من الخطوط على أبعاد متساوية. ويمكن ضبط الجهاز حسب المسافة التي نريدها بين الخطوط وهي تتراوح بين

ملليمتر و ٦ ملليمتر. ويمكن ترتيب جزء إضافي في هذا الجهاز لرسم أشكال أخرى من الخطوط المتوازية مثل خطوط المنحنيات.

(هـ) مسطرة الرموز: وهي عبارة عن لوحة مصنوعة من الباغة أو البلاستيك الشفاف عليها فراغات بأشكال مختلفة من الرموز الهندسية مثل الدوائر المتدرجة في مساحاتها، والمربعات والمثلثات والأشكال البيضاوية والأعداد الحسابية وغيرها (شكل رقم ١١ ـ ٥)، وعند الرسم نضع القلم داخل



(شكل رقم: ١١ ـ ٥) نوع من مساطر الرموز ذات الأشكال المفرغة.

فراغ الرمز المطلوب ونبدأ في رسمه حول حدوده الداخلية. ولهذه المساطر فائدة كبيرة عندما نريد تكرار رمز معين صغير على الخريطة ليمثل مثلاً مواضع المناجم أو مكان المصانع، مثل المربع أو المثلث الذي يرمز إلى مناجم الذهب في منطقة معينة أو إلى مصانع الغزل والنسيج في إقليم ما.

٤ ـ المثلثات والمنقلة:

هناك أنواع جيدة ودقيقة من المثلثات وهي تصنع عادة من الباغة أو

البلاستيك ويكتفي في رسم معظم الخرائط بثلاثة منها هي: مثلث صغير وآخر كبير ٣٠ درجة، ثم مثلث متوسط الحجم ٤٥ درجة.

أما المنقلة فهي تستخدم في قياس أو توقيع الزوايا، وقد توجد في شكل دائرة كاملة أو نصف دائرة، ومنها ما هو مزود باذرع لتحريكه وضبط القياس عليه، ومنها ما هو مزود بورنية لقياس كسر الدرجة أو بعدسة لسهولة القراءة ودقة القياس.

ويمكن أن نضيف إلى مجموعة الأصول الثابتة من أدوّات وأجهزة رسم الخرائط السابقة بيانها عدة أجهزة أخرى تستخدم في قياس المساحات والمسافات مثل جهاز البلانيتمتر وعجلة القياس، وفي تصغير الخرائط وتكبيرها مثل البانتوجراف، وسوف نشير إلى هذه الأجهزة فيما بعد.

الفصل السادس

أساسيات الخريطة

يجب أن تتضمن الخريطة مجموعة من الأسس الهامة التي لا يمكن إغفالها عند قراءة الخريطة قراءة صحيحة. وهذه الأسس هي: عنوان الخريطة، ومقياس الرسم، وإطار الخريطة، ودليل الموقع «شبكة خطوط الطول ودوائر العرض»، ومفتاح أو دليل الخريطة، والاتجاه، وأخيراً الخريطة المتداخلة، وسنحاول في هذا الفصل أن نتناول هذه الأسس بصورة عامة.

أولا: عنوان الخريطة

يبدأ قارىء الخريطة بملاحظة عنوانها أو اسمها. فالعنوان هو مخبر الموضوع أو محتوى الخريطة، فمثلاً الخريطة التي عنوانها «توزيع السكان في العالم» تدل على أن الظاهرة التي توضحها هذه الخريطة خاصة بتوزيع السكان في جميع جهات العالم. وقد يحمل عنوان الخريطة أهم مركز عمراني في هذه الخريطة أو اسم الإقليم الذي تغطيه الخريطة. وبعبارة أخرى فإن عنوان الخريطة يخدم في الواقع عدداً من الوظائف، وحتى في الأحوال التي لا يحتاج فيها إلى كتابة عنوان الخريطة فإن العنوان يكون مفيداً أيضاً لمصمم الخريطة، لأن شكل العنوان في هذه الحالة سيكون بمثابة الأداة التي تساعد في توازن تركيب الخريطة.

وليس من السهل أن نضع قواعد أساسية لشكل عنوان الخريطة، لأن ذلك

يعتمد على نوع الخريطة وموضوعها والغرض منها. ولكن هناك بعض الملاحظات التي يجب مراعاتها عند كتابة عنوان الخريطة من أهمها أن العنوان يجب أن يوضح الغرض الذي من أجله أنشئت الخريطة، كما يجب أن يكون من البروز بدرجة تلفت النظر عند قراءة الخريطة وذلك من حيث نوع الخط وحجمه. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يحسن أن يوضع عنوان الخريطة في وسط إطار بسيط، ويجب أيضاً أن يشمل عنوان الخريطة اسم الكارتوجرافي الذي قام برسم الخريطة وتاريخ نشرها وسنة إعدادها.

ثانياً: مقياس الرسم

من المعروف أنه لا يمكن رسم خريطة لمنطقة ما بإبعادها على سطح الأرض، لذلك فإن هذه الأبعاد تصغر بنسبة ملائمة يطلق عليها اسم «مقياس الرسم» الذي هو عبارة عن النسبة العددية الثابتة بين طول أي خط على الخريطة وطول البعد المناظر له في الطبيعة، وتتوقف نسبة الرسم على العوامل الآتية:

(أ) أهمية الغرض الذي من أجله يتم إنشاء الخريطة فتكبر نسبة الرسم كلما زادت الأهمية.

(ب) إبعاد لوحة أو ورق الرسم التي ترسم عليها الخريطة. ويمكن التعرف على نسبة الرسم هذه إذا تمكنا من إيجاد أطول بُعد في اتجاه طول المنطقة المراد رسم الخريطة عليها، وكذلك أطول بُعد في اتجاه عرضها، ويحسب مقياس الطول بأن يقسم أطول بُعد في اتجاه طول المنطقة على طول لوحة الرسم وبالمثل لأطول بُعد في اتجاه عرض المنطقة على عرض ورقة الرسم. ويؤخذ أصغر المقياسين (مقياس الطول ومقياس العرض) ويقرب إلى المقاييس الشائعة. وبذلك يتم تحويل الأبعاد في الطبيعة إلى نسبة معينة (مقياس الخريطة) أو مقياس الرسم وهو إذا النسبة الثابتة بين طول أي بُعد على الخريطة والطول المقابل لها في الطبيعة.

مثال:

قطعة أرض أبعادها ٥٠٠ × ٢٠٠ متراً ويراد رسمها على ورقة إبعادها ٥٠ × ١٠٠ سم فما هو مقياس الرسم المناسب لرسم الخريطة علماً بأنه سيترك هامش حوالي ٢ سنتيمتر من كل جانب في اتجاه الطول والعرض.

الحل:

صافي أبعاد لوحة الرسم = (٥٠ - ٤)، (١٠٠ - ٤) = ٤٦ × ٩٦ سم

$$\text{١ ـ مقياس الطول} = \frac{٩٦}{٥٠٠ \times ١٠٠} = \frac{١}{٥٢١}$$

$$\text{١ ـ مقياس العرض} = \frac{٤٦}{٢٠٠ \times ١٠٠} = \frac{١}{٤٣٤}$$

ويكون المقياس ١/٥٢١ من الوجهة النظرية هو المقياس الذي يسمح برسم قطعة الأرض في فراغ لوحة الرسم. وحيث أن هذا المقياس غير شائع الاستعمال بالإضافة إلى صعوبة توقيع الأبعاد به، لذلك يعتمد على أقرب المقاييس إليه وهو ١/٥٠٠.

أشكال مقياس الرسم:

يبين مقياس الرسم على الخرائط بالأشكال الآتية:

(أ) على شكل كسر بياني. أو على شكل نسبة تبين العلاقة بين وحدات القياس على الخريطة وما يقابلها من نفس هذه الوحدات على الطبيعة، وفي العادة يكون على شكل كسر بسطه واحد صحيح يمثل المقياس على الخريطة، ومقامه عدد صحيح وهو يقابل القياس على الطبيعة، فمثلاً: $\frac{١}{١٠٠}$، $\frac{١}{٥٠٠}$، $\frac{١}{١٠٠٠}$ أو

بصورة النسبة (١: ١٠٠، ١: ٥٠٠، ١: ١٠٠٠ تعني أن كل وحدة قياس (ملليمتر، سنتيمتر، بوصة، قدم) على الخريطة يقابلها ١٠٠ أو ٥٠٠ أو ١٠٠٠ وحدة من نفس النوع على الطبيعة.

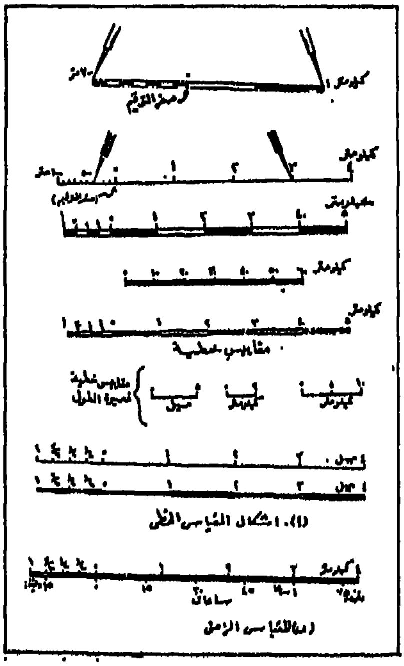
(ب) على شكل مقياس مباشر (كتابي): ويعتبر هذا المقياس أبسط أشكال مقاييس الرسم، وفيه نبين وحدات القياس على الخريطة وما يقابل هذه الوحدات على الطبيعة بالكيلومتر أو بالميل وأجزائهما، كأن يذكر على النحو التالي: ١ سنتيمتر لكل ٣,٢ كيلومتر، ١ بوضة لكل ٦ ميل، وعن طريق هذا المقياس يمكن تحويل أي بُعد على الخريطة إلى ما يقابله على الطبيعة، أي أن كل مسافة طولها سنتيمتراً واحداً على الخريطة يقابلها على الطبيعة مسافة ٣,٢٠ كيلومتر، وبالمثل كل مسافة طولها بوصة على الخريطة.يقابلها مسافة طولها ٦ أميال على الطبيعة.،ويمكن التعبير عن المقياس المباشر بصورة أخرى، فيبين الكيلومتر الصحيح أو الميل الصحيح وما يقابله بالسنتيمترات أو البوصات، وعن طريق هذه الحالة يتم عمل الشكل الثالث لمقياس الرسم وهو المقياس الخطي.

(جـ) على شكل مقياس خطي: وهو عبارة عن خط مستقيم مقسم إلى أقسام متساوية يذكر مدلولها أو قيم هذه الأبعاد بوحدات القياس على الطبيعة، ويلاحظ أنها تذكر كاملة وليست بها كسور، ويعتبر مقياس الرسم بهذه الصورة من أفضل أنواع مقاييس الرسم، إذ أنه يمكن إيجاد أطوال المسافات المراد معرفتها على الطبيعة من واقع الخريطة مباشرة، كما يمكن تجنب العمليات الحسابية التي تصاحب المقاييس الأخرى. وفضلاً عن ذلك فإن لهذا المقياس ميزة هامة وهي أنه يتمدد وينكمش مع تمدد وانكماش ورق الخريطة بتعرضها للمؤثرات الجوية وخاصة الرطوبة. كما أنه لو أردنا تكبير الخريطة أو تصغيرها فإنه سيكبر معها أو يصغر بنفس النسبة وذلك على عكس المقياس الكتابي الذي سيظل كما هو مهما كبرت الخريطة أو صغرت ويتخذ المقياس الخطي في صورته النهائية أشكالاً متعددة يوضحها (شكل رقم ١ ـ ٦). وطريقة عمل هذا

المقياس تجري على النحو التالي:

إذا طلب رسم مقياس خطي يقاس إلى كيلومترات لخريطة مقياس رسمها ١ : ٥٠,٠٠٠ فإنه يتم ذلك على النحو التالي:

أولاً: كما سبق أن ذكرنا أن المقياس النسبي يذكر دائماً بوحدة قياس واحدة ومعنى ذلك أن كل وحدة قياس على الخريطة يقابلها ٥٠,٠٠٠ وحدة من نفس النوع على الطبيعة.



(شكل رقم: ١ ـ ٦) أشكال مختلفة من مقياس الرسم الخطي ومقياس الرسم الزمني.

ثانياً: لما كان المطلوب في المثال رسم مقياس خطي يقيس إلى كيلومترات فمعنى ذلك أن كل مسافة مقدارها ١ سنتيمتراً على الخريطة يقابلها ٥٠,٠٠٠ سنتيمتراً على الطبيعة.

ثالثاً: نختصر السنتيمترات السابقة، أي أن السنتيمتر على الخريطة يقابله

٥٠٠ متر أو نصف كيلومتر على الطبيعة. أي أن كل ٢ سنتيمتراً يقابلهم كيلومتراً واحداً على الطبيعة.

رابعاً: نقوم بعد ذلك برسم خط مستقيم ونقسمه إلى أقسام متساوية طول كل منها ٢ سنتيمتراً ليمثل كل منها ١٠ كيلومتراً.

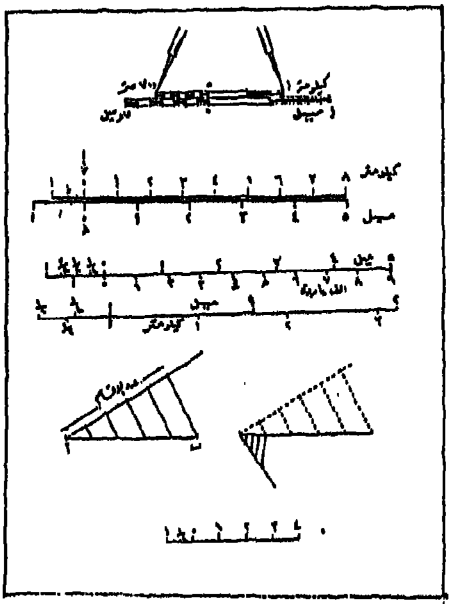
ومن شبيهات المقياس الخطي المقياس الزمني الذي يرسم بنفس طريقة المقياس الخطي، إذ يمثل عليه المدة أو السرعة التي تستغرقها الرحلة بوحدات المسافات على الطبيعة وما يقابلها على الخريطة. وتبعاً لذلك يقسم المقياس إلى أقسام متساوية كل منها يوضح ساعة واحدة ومضاعفاتها أو أجزائها كما هي الحال في الشكل رقم (١ب ـ ٦).

(د) على شكل مقياس خطي مقارن: وهو عبارة عن مقياس خطي يجمع ما بين أكثر من وحدة. فقد ينشأ مقياس خطي يقيس إلى أميال (كل ٣ ميل يمثلها بوصة واحدة)، وآخر يقيس إلى كيلومترات (كل كيلومتر يمثله سنتيمتراً واحداً) وكل منهما مرسوم بنفس نسبة رسم الخريطة وكل منها يبدأ من نقطة واحدة وهي نقطة الصفر. فمثلاً كما في الشكل رقم (٢ ـ ٦) رسم خط إعادة مقياس بالميل وأسفله مقياس كيلومتري لتسهل المقارنة بين وحدات القياس. وهذه الصورة من مقياس الرسم هي المتبعة في الأطلس حيث أننا نجد في نهاية كل خريطة مقياس مقارن لها، يقيس إلى كيلومترات وأميال إلى جانب ذكر مقياس رسم نسبي وذلك حتى يمكن الاستفادة به في معرفة مساحة أية منطقة على الخريطة.

وطريقة عمل هذا المقياس تتلخص في الخطوات التالية:

إذا كان المطلوب رسم مقياس مقارن يقيس إلى كيلومترات وأميال لخريطة مقياس رسمها ١: ٥٠,٠٠٠.

أولاً: هذا المقياس عبارة عن خط مستقيم الجزء السفلي منه مقسم إلى أقسام تبين الكيلومترات والجزء العلوي يبين الأميال أو العكس.



(شكل رقم: ٢ ـ ٦) أشكال مختلفة من مقياس الرسم المقارن،
وكيفية تقسيم الوحدة على يسار الصفر.

ثانياً: عند رسم الجزء الأول من المقياس (الكيلومتري) نجري ما سبق ذكره في المقياس الخطي.

ثالثاً: لعمل المقياس الآخر وهو الذي يبين الأميال نجري نفس الخطوات وهي: أن كل ١ بوصة على الخريطة تقابلها ٥٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة، ولما كان الميل يساوي ٦٣٣٦٠ بوصة فإنه يجب معرفة عدد البوصات أو أجزائها التي تمثل ميلاً واحداً فقط ويتم ذلك بالمعادلة الآتية:

كل ١ بوصة على الخريطة = ٥٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة
كل س بوصة = ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة = ١ ميل

$$\text{س بوصة} = \frac{١ \times ٦٣٣٦٠}{٥٠,٠٠٠} = ١,٢٦ \text{ بوصة}$$

أي أن كل ١,٢٦ بوصة على الخريطة تقابل ميلاً واحداً على الطبيعة.

رابعاً: يقسم الجزء العلوي من المقياس الكيلومتري السابق إلى أقسام متساوية كل منها يساوي ١,٢٦ بوصة (ومن نقطة الصفر التي بدأ منها المقياس الكيلومتري) ليمثل كل قسم منها ميلاً واحداً كما هو مبين في شكل (٢ ـ ٦).

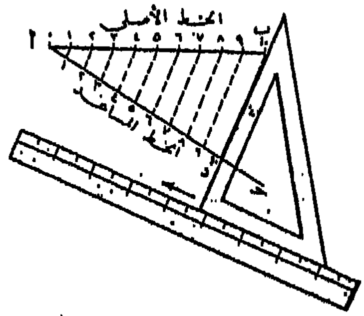
وهكذا يمكن تقدير الأبعاد بين النقط المختلفة على الخريطة بوحدات القياس المعروفة مثل الكيلومتر أو الميل وكسورها وذلك بأن تؤخذ وحدة على يسار الصفر وتقسم إلى عدد من الأقسام الفرعية التي تمثل كل منها أقل قراءة بينها المقياس، ويتحدد عدد هذه الأقسام كما يلي:

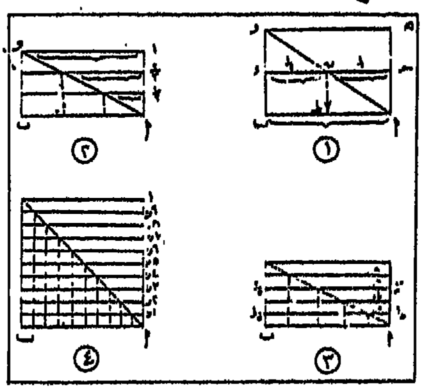
$$\text{عدد الأقسام التي على يسار الصفر} = \frac{\text{طول الوحدة الرئيسية}}{\text{أقل قراءة}}$$

ويمكن تقسيم الوحدة على يسار الصفر عن طريق رسم خط يصنع زاوية مع خط المقياس الرئيسي ثم يقسم الخط إلى عدد الأقسام المطلوبة ثم نصل نهاية هذا الخط بالصفر على المقياس، ومن نقطة التقسيم نرسم موازيات لهذا الخط تلتقي بالمقياس الرئيسي تبين نقط إلتقاء الأقسام الفرعية على المقياس الخطي كما هو مبين بالشكل رقم (٣ ـ ٩).

(هـ) المقياس الشبكي: يستخدم المقياس الشبكي لنفس الغرض الذي يستخدم فيه مقياس الرسم الخطي البسيط، إلا أنه يمكن عن طريق تعيين

الأطوال القصيرة البعد التي لا يمكن تحديدها بواسطة المقياس الخطي البسيط، وذلك في الحالات التي لا يمكن فيها تقسيم الوحدة التي على يسار الصفر إلى العدد المطلوب من الأقسام لصغر طول هذه الوحدة أصلاً. وتعتمد فكرة هذا المقياس على حقيقة هندسية بسيطة مؤداها أنه لتقسيم أي خطّ إلى قسمين أو أكثر باستخدام القطر الذي سوف يقسم الخط الأصلي إلى العدد المطلوب من الأقسام (شكل رقم ٣ ـ ٦). ولا بد أن نستعين بالمثلث والمسطرة في تقسيم الخط الأصلي إلى أقسام متساوية التي تحددها الخطوط المتوازية. ولنحاول الآن أن نشرح طريقة إنشاء المقياس الشبكي للمثال التالي:





(شكل رقم: ٣ ـ ٦) طريقة تقسيم الخط المستقيم إلى أجزاء متساوية ونظرية استخدام القطر في تقسيم الخط المستقيم.

مثال: ارسم مقياس الرسم الشبكي ١ : ٣٠٠٠ يبين أمتاراً صحيحة.

الحل:

كل ١ متر على الخريطة يقابله على الطبيعة ٣٠٠٠ متر

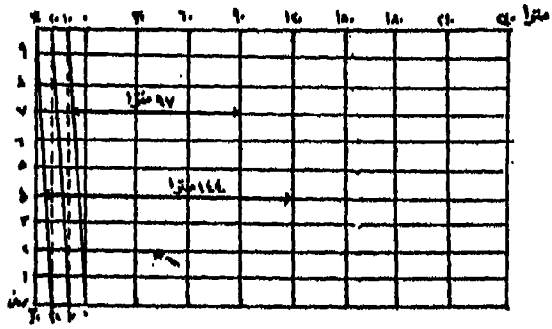
كل ١٠٠ سنتيمتر على الخريطة يقابلهم على الطبيعة ٣٠٠٠ متر

كل ١ سنتيمتر على الخريطة يقابله على الطبيعة ٣٠ متر

بعد ذلك نرسم خطاً أفقياً على الخريطة ونقسمه إلى أقسام رئيسية متساوية كل منها يساوي ١ سنتيمتر ويبين ٣٠ متراً في الطبيعة ونبين الأبعاد المقابلة لها ابتداءً من الصفر، ١٠، ٢٠، ٣٠... وهكذا. نأخذ وحدة على يسار الصفر قيمتها ٣٠ متراً وهي تساوي على الخريطة ١ سنتيمتر والمطلوب أن يبين المقياس ١ متر. ومن البديهي أنه لا يمكن تقسيم ١ سنتيمتر إلى ٣٠ قسماً، لذلك نقسم الجزء الأساسي إلى ثلاثة أقسام متساوية بطريقة المستطيلات المتوازية السابق ذكرها، كل قسم منها يساوي ١٠ أمتار. ثم نقيم على المقياس الأساسي أعمدة من النقطة الأساسية للوحدة على يسار الصفر ونأخذ عليه ١٠ أبعاد متساوية ونرسم منها خطوط موازية لخط المقياس الأساسي ويدرج كل قسم ١، ٢، ٣، ٤.... وهكذا، أخيراً نصل بين الأقسام الفرعية على المقياس الرئيسي كل قسم بالقسم السابق له فمثلاً نصل ١٠ على المقياس العلوي بالصفر على المقياس السفلي، ٢٠ على المقياس العلوي مع ١٠ على المقياس السفلي وهكذا (شكل رقم ٤ ـ ٦).

ويلاحظ أنه يمكن التحكم في أقل وحدة على المقياس الرئيسي وعلى ذلك يمكن تحديد عدد الأقسام الرأسية لكي نتمكن من الحصول على أقل قراءة وذلك حسب القاعدة التالية.

عدد الأقسام الرأسية للمقياس الشبكي الذي يحقق القراءة ق =



(شكل رقم: ٤ ـ ٦) مقياس رسم شبكي ١ : ٣٠٠٠ يقرأ أمتاراً صحيحة.

طول القسم على المقياس الرئيسي (أقل وحدة) / طول القسم الفرعي (أقل قراءة مطلوبة) = ط / ق

وقوة المقياس الشبكي = ن × ق حيث ن عدد الأقسام الرأسية، ق هي أقل قراءة أو دقة المقياس.

مثال:

ارسم مقياساً شبكياً ١ : ٥٠٠٠ يقرأ إلى ٥ أمتار ووضح عليه الأطوال ١٣٥، ١١٥ متراً.

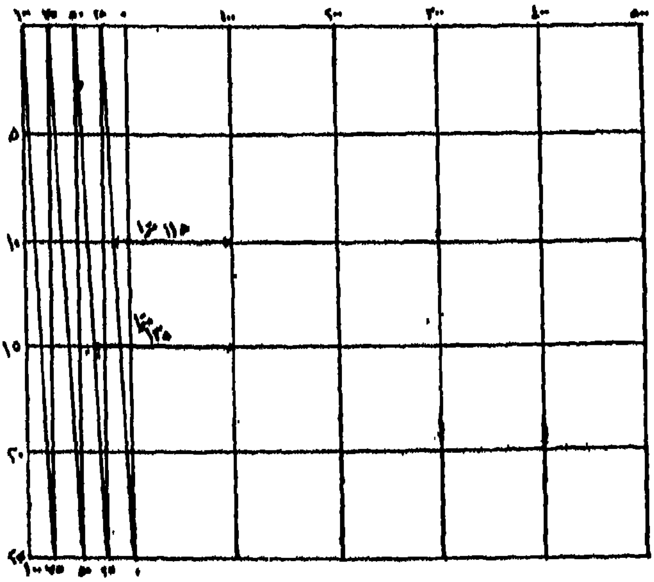
الحل:

١ متر يقابله في الطبيعة ٥٠٠٠ متر

١ سمْ يقابله في الطبيعة ٥٠ متراً

٢ سم يقابله في الطبيعة ١٠٠ متر

ويلاحظ أن طول القسم على المقياس الرئيسي هو ٢٥ متراً وطول القسم الفرعي أو أقل قراءة هي ٥ أمتار فتكون الأقسام الرأسية = ٢٥ ÷ ٥ = ٥ أقسام. وتتبع نفس الخطوات السابق ذكرها لإتمام المقياس كما في الشكل رقم (٥ ـ ٦) وعلى الشكل توضح الأطوال ١٣٥ متراً و ١١٥ متراً.



(شكل رقم: ٥ ـ ٦) مقياس رسم شبكي ١ ـ ٥٠٠٠ يقرأ إلى ٥ أمتار.

وهناك مشكلة ترتبط بأسس رسم الخرائط وهي مشكلة انكماش الخريطة وما يترتب عليها من أخطاء نتيجة تمدد ورق الرسم أو انكماشه تبعاً لتأثير الظروف الجوية. ومعظم أنواع الورق المستخدم في الرسم تتمدد وتنكمش بدرجات متفاوتة استجابة لتغير الجو. وأقل أنواع الورق تأثراً بالظروف الجوية هو الورق الخاص المقوي بطبقة من الألمنيوم في الداخل أو الورق الخاص المشدود على نسيج رفيع. ويعتبر الانكماش غير المنتظم من أخطر ما يخشى منه إذ تحتوي الأطوال أو المساحات المقاسة على نسبة كبيرة من الخطأ. وللتغلب على هذه الأخطاء. فإن قياس الأطوال أو المساحات يكون صحيحاً إذا تم ذلك من خريطة رسم مقياس الرسم الخاص بها عند بدء العمل فيها حيث أن مقياس الرسم سيتغير بنفس النسبة التي يتغير بها الورق والرسم والموقع عليه. ونظراً لأن الانكماش لا يحدث بطريقة ثابتة في جميع الاتجاهات لذا فإنه يلزم لتحديد قيمة الانكماش أن تحدد أطول عدة خطوط في اتجاهات مختلفة على ورق الرسم ثم تقاس هذه الخطوط مرة أخرى بعد فترة محددة وتقارن بأطوالها الأولى، وللسهولة يرسم خط واحد معلوم طولياً ثم تحدد فيه قيمة الانكماش بقياسه عند استخدام الخريطة لأغراض قياس الأطوال أو المساحات. ولإيجاد المساحة الحقيقية لمربع طول ضلعه ($س^2$) نفرض أن المربع (أ ب جـ د) يمثل المساحة الحقيقية عند بدء الرسم (س) (شكل رقم ٦ ـ ٦) وأن الشكل (هـ و ز د) يمثل المساحة بعد الانكماش، وأن نسبة الانكماش خط على اللوحة الورق إلى طوله الأصلي = معامل الانكماش وهذا لا يزيد في الغالب عن $\frac{١}{٤٠٠}$

وبناءً عليه فإن الانكماش في طول ضلع المربع = س × $\frac{١}{ل}$.

وأن المساحة بعد الانكماش = $(س - \frac{س}{ل})^٢ = س^٢ - ٢ \frac{س^٢}{ل} + \frac{س^٢}{ل^٢}$

وبإهمال الحد الأخير لصغره فإن:

المساحة بعد الانكماش = $س^٢ (١ - \frac{٢}{ل})$

= المساحة الحقيقة (١ - ضعف معامل الانكماش)

والمثال الآتي يوضح كيفية إيجاد قيمة المساحة الحقيقية لقطعة من الأرض قدرت مساحتها من الخريطة فكانت ٨٠٠٠ متراً مربعاً عندما قيس خط طوله الحقيقي ٨٠ سنتيمتر بعد انكماش قدره ٢ ملليمتر.

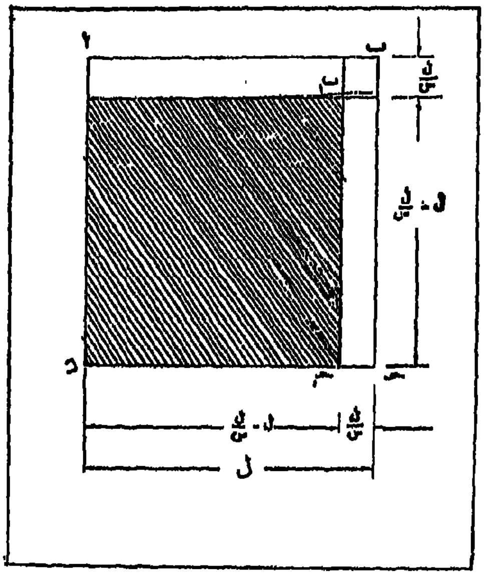
أولاً: معامل الانكماش = $\frac{٢}{(٨٠ \times ١٠)} = \frac{١}{٤٠٠}$

ثانياً: المساحة بعد الانكماش = المساحة الحقيقية (١ - ضعف معامل الانكماش).

٨٠٠٠ متراً مربعاً = المساحة الحقيقية $(١ - \frac{(٢ \times ١)}{٤٠٠})$

= المساحة الحقيقية × ٠,٩٩٥

المساحة الحقيقية = $\frac{٨٠٠٠}{,٩٥٥}$ = ٨٠٠٤,٠٢ متراً مربعاً



(شكل رقم: ٦ ـ ٦) انكماش الخريطة.

مثال آخر:

قيست قطعة أرض على خريطة مقياس رسمها ١ : ٥٠٠٠ فكانت ٨٠ سنتيمتراً مربعاً وكان هناك خط طوله ٥٠ سنتيمتراً عند رسم الخريطة أصبح ٤٩,٨ سنتيمتراً، فما المساحة الحقيقية لهذه الأرض على الطبيعة بالفدان وكسور الفدان. فيكون الحل كالآتي:

أولاً: مساحة الأرض على الطبيعة لمقابلة مساحتها على الخريطة وهي ٨٠ سنتيمتراً مربعاً هي:

$$٨٠ \times \frac{(٥٠٠٠)}{١ \times ١٠٠ \times ١٠٠} = ٢٠٠,٠٠٠ \text{ متراً مربعاً}$$

ثانياً: معامل الانكماش = $\frac{٢}{(٥٠\times١٠)}$ = $\frac{١}{٢٥٠}$ = ٠٠٤, ٠

ثالثاً: المساحة بعد الانكماش = المساحة الحقيقية (١ - ضعف معامل الانكماش)

٢٠٠,٠٠٠ متراً مربعاً = المساحة الحقيقية (١ - ٠,٠٠٨)

المساحة الحقيقية = $\frac{٢٠٠٠٠٠}{٠,٩٩٢}$ = ٢٠١٦١٣ متراً مربعاً

المساحة بالفدان = $\frac{٢٠١٦١٣}{٤٢٠٠,٨}$ = ٤٧,٩٩٤ فداناً

وهناك أيضاً بعض التطبيقات المتعلقة بمقياس رسم الخريطة من أهمها: كيفية إيجاد مقياس رسم خريطة مجهولة المقياس، وتوضيح العلاقة بين المسافات والمساحات على الخريطة وما يقابلها على الطبيعة.

إيجاد مقياس رسم خريطة مجهولة القياس:

إذا كان لدينا خريطة عليها مقياس رسم وطلب منا معرفة المقياس الذي رسمت به هذه الخريطة فإننا في هذه الحالة نبحث عن خريطة أخرى مقياس رسمها معلوم وتحتوي على نفس المعالم الأرضية التي توجد على الخريطة المجهولة المقياس، ثم نقيس مسافة معلومة على كل من الخريطتين (مثل المسافة بين مدينتين، أو طول طريق... إلخ). وبعد ذلك نضع طول هذه المسافة في المعادلة الآتية لنحصل على مقياس الرسم المجهول كما يلي:

مقام المقياس المجهول = $\frac{\text{طول المسافة على الخريطة المعلومة} \times \text{مقام مقياس رسمها}}{\text{طول المسافة على الخريطة المجهولة المقياس}}$

فإذا كان مثلاً البُعد بين مدينتين على خريطة مقياس رسمها ١/ ٥٠٠٠٠٠ يساوي ٦ سنتيمتراً، والبُعد بين نفس المدينتين على خريطة مجهولة المقياس يساوي ٨ سنتيمتراً فيكون مقام مقياس الرسم المجهول يساوي:

$$\frac{٥٠٠٠٠٠ \times ٦}{٨} = ٣٧٥٠٠٠$$

ويكون مقيس الرسم المجهول للخريطة هو ١: ٣٧٥٠٠٠. ويمكن أن نحصل على المقياس المجهول للخريطة بطريقة أخرى هي:

بما أن البُعد بين المدينتين هو ٦ سنتيمتراً يقابل بمقياس الرسم المعلوم ٣٠ كيلومتراً.

إذن البُعد بين المدينتين على الخريطة المجهولة المقياس ٨ سنتيمتراً يقابل ٣٠ كيلومتراً أيضاً.

أي أن ١ سنتيمتر على الخريطة المجهولة المقاس = $\frac{٣٠}{٨}$

٣,٧٥ كيلومتراً

∴ مقياس الرسم المجهول للخريطة = ١: ٣٧٥٠٠٠

وهنا طريقة ثالثة يمكن الاعتماد عليها في معرفة مقياس الرسم المجهول بالاستعانة بطول الدرجة العرضية.

فكما سبق القول أن طول الدرجة العرضية على سطح الأرض ثابت تقريباً ويساوي ١١١ كيلومتر تقريباً، فإذا كانت خطوط العرض مرسومة على الخريطة التي نريد معرفة مقياس رسمها يمكن منها حساب طول الدرجة العرضية بالسنتيمتر ومنها يمكن معرفة مقياس الرسم المجهول. فمثلاً لو قمنا بقياس طول المسافة العرضية في منتصف الخريطة تقريباً أو على الخط الطولي في منتصف الخريطة ووجدناها ٤,٦ سنتيمتراً فإننا نتبع الخطوات التالية:

٤,٦ سنتيمتراً على الخريطة = ١١١ كيلومتراً على الطبيعة
١ سنتيمتراً على الخريطة = س كيلومتر على الطبيعة

$$س = \frac{١ \times ١١١}{٤,٦} = ٢٤,١٣ \text{ كيلومتراً}$$

فيكون مقياس الرسم في هذه الحالة هو ١ : ٢٤١٣٠٠٠ أو ١ : ٢٥٠٠,٠٠٠

ويجب أن نلاحظ أن دوائر العرض ترسم على بعض الخرائط كل درجتين أو كل خمس وعشر درجات، وهنا ينبغي الحذر عند قياس المسافة بين درجات العرض بين خطين قد يحصرا بينهما ٢ درجة عرضية. ففي هذه الحالة نقوم بقياس المسافة بين خطي العرض فإذا وجد أنها ٤ سنتيمترات مثلاً فإن:

٤ سنتيمترات على الخريطة = ١١١ × ٢ = ٢٢٢ كيلومتراً

ونستمر في اتباع الخطوات السابقة للحصول على مقياس الرسم المجهول للخريطة.

العلاقة بين المسافات والأبعاد على الخريطة وما يقابلها على الطبيعة:

يحدث أحياناً أن نقيس مسافة أو مساحة بمقياس رسم يختلف عن مقياس الرسم الذي يوضح هذه المسافة أو تلك المساحة، فيكون طول المسافة أو مقدار المساحة مختلفاً عما هو مطلوب. وللتغلب على ذلك يمكن أن نتبع العلاقات الآتية والتي يمكن بها إيجاد طول المسافة ومقدار المساحة الحقيقية بمقياس الرسم المطلوب.

الطول الحقيقي للمسافة = الطول الخطأ أي الطول بالمقياس الذي قيست به ×

$$\frac{\text{مقام مقياس الرسم المرسوم به المسافة}}{\text{مقام مقياس الرسم المقدر به المسافة}}$$

المساحة الحقيقية = المساحة الخطأ أي المساحة بالمقياس الذي قيست به ×

$$\frac{(\text{مقام مقياس الرسم المرسوم به المساحة})^{٢}}{(\text{مقام مقياس الرسم المقدر به المساحة})^{٢}}$$

فإذا كانت هناك مسافة مرسومة بواسطة مقياس رقم ١ : ٣٠٠٠٠ ولكن قدر طولها بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠ فكان هذا الطول هو ٥٠٠ متر فيكون الطول الحقيقي لهذه المسافة هو:

$$\text{الطول الحقيقي للمسافة} = ٥٠٠ \times \frac{٣٠٠٠٠}{٢٥٠٠٠} = ٦٠٠ \text{ متر}$$

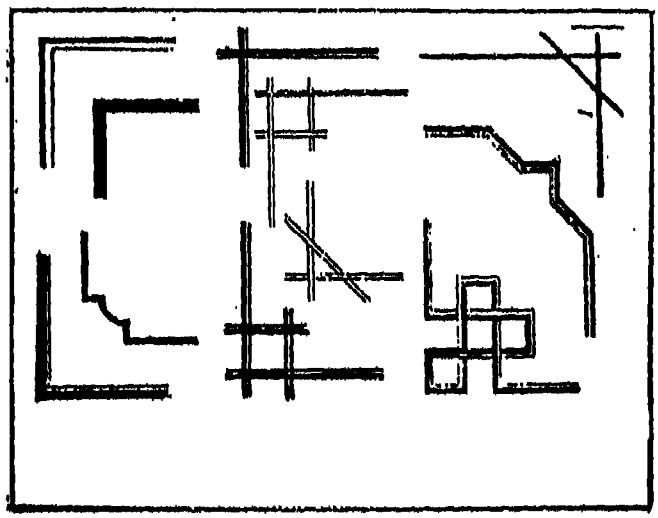
أما إذا كانت هناك مساحة لقطعة أرض مثلاً على خريطة بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠ وحسبنا مساحتها باعتبار أن مقياس الرسم هو ١ : ١٠٠٠ فكانت ٥٠ فدان فإن:

$$\text{المساحة الحقيقية} = ٥٠ \times \frac{(٢٥٠٠)^{٢}}{(١٠٠٠)^{٢}} = ٣١٢,٥ \text{ فداناً}$$

ثالثاً ـ إطار الخريطة:

توضح معظم الخرائط داخل إطارات Frams مستطيلة الشكل تتكون في أبسط صورها من خط واحد بسيط. وقد يرسم الإطار في شكل خطين متوازيين

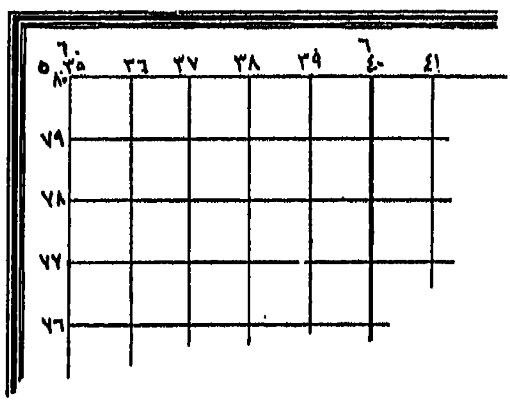
او أكثر. وإذا استخدم في الإطار خطان متوازيان فالمسافة المناسبة بينهما تكون ٦ ملليمترات (ربع بوصة تقريباً) وذلك حتى يمكن كتابة أرقام خطوط الطول ودوائر العرض. وفي بعض الأحيان يقطع الخط الداخلي للإطار وتكتب خلاله الأرقام ولكن يجب أن يكون الخط الخارجي للإطار متصل دون أي قطع. ويمكن أيضاً أن يكون الإطار الداخلي للخريطة ملفتاً للنظر بأن يلون باللون الأبيض والأسود حسب درجات الطول والعرض. كما وقد تستخدم الألوان الأخرى (غير الأبيض والأسود)، وفي هذه الحالة لا تكون هناك علاقة بين التلوين والدرجات الطولية والعرضية. وتمتاز الطريقة الأولى بأنها تساعد على تحديد مواقع الأماكن أكثر مما تساعد الطريقة الثانية. وفي الوقت الحالي يلاحظ أن الاتجاه السائد يتسم بالبُعد عن الزركشة وتبنى البساطة في رسم إطارات الخرائط. والشكل رقم (٧ ـ ٦) يوضح مجموعة من الإطارات المستخدمة في رسم الخرائط.



(شكل رقم: ٧ ـ ٦) بعض أشكال أركان إطار الخريطة.

رابعاً ـ دليل الموقع

نقصد بدليل الموقع هو تحديد الموقع بالاستعانة بخطوط الطول ودوائر العرض التي ترسم على الخريطة. وبناءً على ذلك فإن وجود خطوط الطول ودوائر العرض يكون ضرورياً فقط في الحالات التي يعتمد على.فهم الخريطة بصفة أكثر وضوحاً، على أنه يمكن إهمال رسمها في الخرائط البسيطة غالباً، وعندئذٍ يشار بعلامات لمواقعها على إطار الخريطة مسقطاً تكون خطوط الطول ودوائر العرض منحنية انحناءً شديداً. وفي كثير من الأحيان ترسم على البحار والمحيطات ولا ترسم فوق اليابس في الخريطة (شكل رقم ٨ ـ ٦).



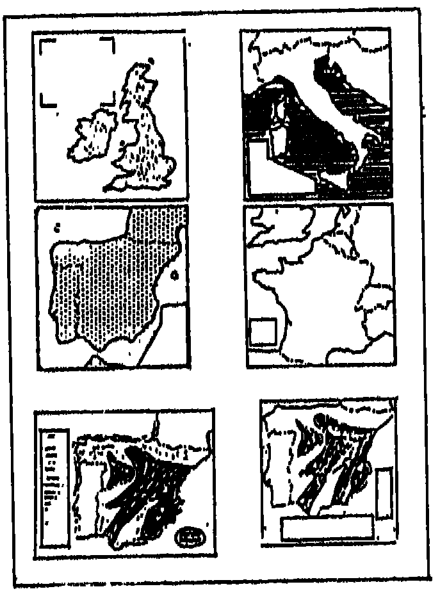
(شكل رقم: ٨ ـ ٦) دليل الموقع (خطوط الطول ودوائر العرض).

خامساً ـ مفتاح (دليل) الخريطة

يعتبر مفتاح أو دليل الخريطة من الأساسيات التي لا يمكن إغفالها عند رسم الخرائط وذلك لأنه يشرح ما تمثله الرموز والعلامات الاصطلاحية المختلفة في رسم الخريطة. ولا يرسم المفتاح في حالة واحدة فقط إذا كانت الخريطة تمثل ظاهرة واحدة فيكتفي بعنوان الخريطة ليدل على ذلك. ولكن إذا

كانت الخريطة تبين عدداً من الظاهرات أصبح رسم دليل لها أمراً ملزماً وضرورياً. وهناك قاعدة أساسية يتبعها الكارتوجرافيون عند تصميم الخريطة وهي أن أي رمز لا يكون واضحاً في حد ذاته، لا ينبغي استخدامه في الخريطة إلا إذا تم تفسيره في المفتاح بنفس الشكل الموجود به على الخريطة. وليس من الضروري أن تتضمن الرموز والأشكال الواضحة لها والتي يمكن الاستدلال عليها تلقائياً دون الرجوع إلى مفتاح الخريطة. فمثلاً السكك الحديدية أو الطرق البرية أو الحدود هذه نادراً ما تحتاج إلى إيضاح أو شرح.

وتجدر الإشارة إلى أن تأكيد أو تقليل أهمية إطار مفتاح الخريطة تكمن في طريقة تغيير شكله أو حجمه أو علاقته بخلفية الخريطة (شكل رقم ٩ ـ ٦)، وفي الوقت الماضي كان يحدد بمفتاح الخريطة إطارات مزخرفة لدرجة أنها كانت تجذب الكثير من الانتباه. أما في الوقت الحاضر فمن المسلم به عموماً أن محتويات المفتاح أكثر أهمية من شكل إطارها ولهذا فإن هذه الإطارات ترسم عادة بشكل بسيط.



(شكل رقم: ٩ ـ ٦) أشكال مختلفة من إطارات مفتاح (دليل) الخريطة.

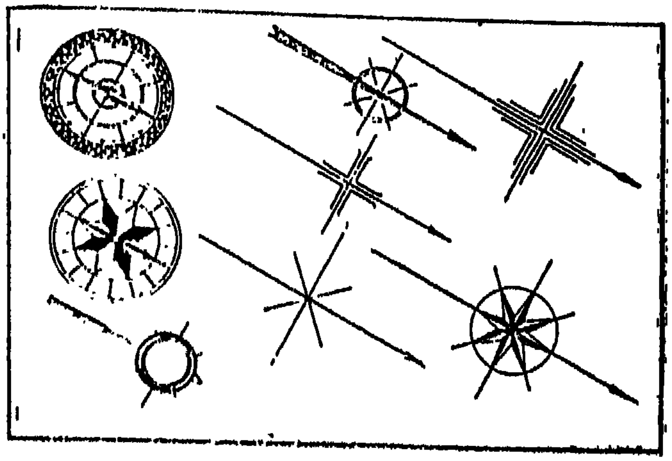
سادساً ـ الاتجـاه

عادة ما تبين خطوط الطول ودوائر العرض اتجاه الخريطة، فخطوط الطول تعين الاتجاه الشمالي الجنوبي، بينما تعين دوائر العرض الاتجاه الشرقي الغربي. وقد يرسم سهم على الخريطة ليشير إلى اتجاه الشمال الجغرافي (الشمال الحقيقي). وأحياناً قد يرسم سهمان: أحدهما يشير إلى الشمال الجغرافي، والآخر يشير إلى الشمال المغناطيسي. وقد يرسم على بعض الخرائط وردات البوصلة التي اشتهرت بها خرائط البورتلاند (الخرائط البحرية) في أواخر القرن الثالث عشر الميلادي. ويعد رسم هذه الوردات أو أي شكل يمثل اتجاه الشمال على الخريطة أمراً ضرورياً في الخرائط غير الموجهة للشمال وحيث لا تكون خطوط الطول ودوائر العرض مرسومة على الخريطة. على أنه يجب أن يشير هنا إلى، معظم المساقط التي ترسم بها الخرائط يتغير معها الاتجاه الشمالي من مكان لآخر على الخريطة فيما عدا مسقط مركيتور ولذا فمن المفيد رسم عدة وردات بوصلة على الخريطة.

وفي الخرائط ذات المقياس الكبير يبين الاتجاه الشمالي الجغرافي بواسطة خط عليه شكل نجم بينما يبين الشمال المغناطيسي بواسطة نصف سهم، كما يبين على هذه الخرائط، زاوية الاختلاف المغناطيسي ويوضح الشكل رقم (١٠ ـ ٦) مجموعة مختارة من أشكال اتجاه الشمال التي توضع على الخرائط.

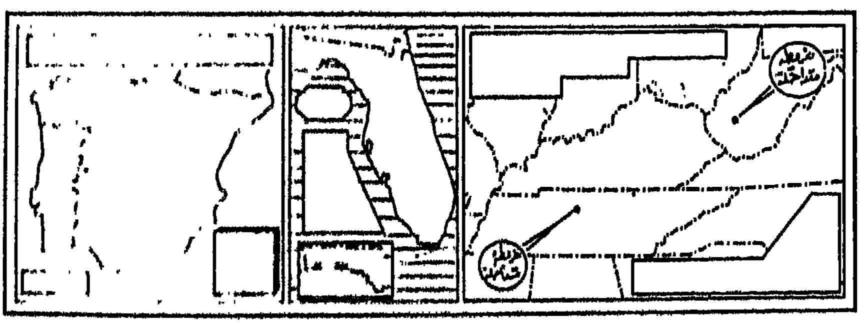
الخريطـة المتداخلـة

يمكن استغلال المساحات الخالية من الخريطة في رسم جزء منها بمقياس رسم أكبر بقصد التوضيح أو بمقياس رسم أصغر لبيان موقع المنطقة التي تمثلها الخريطة، وتسمى الخريطة الناتجة من ذلك باسم الخريطة المتداخلة Inset map. ويجب أن يكون إطار الخريطة المتداخلة إطار خاص بها بحيث يكون لها خطوط طول ودوائر عرض منفصلة عن الخريطة الأصلية كما يكتب لها عنوان مستقل.



(شكل رقم: ١٠ ـ ٦) أشكال مختلفة من اتجاه الشمال التي توضع على الخريطة.

أما إذا كانت الخريطة المتداخلة تمثل جزءاً مرسوماً بنفس مقياس رسم الخريطة الأصلية إلا أنها تقع على بُعد كبير نسبياً فترسم المنطقة البعيدة هذه داخل إطار مستقل ولكن توضع عليها خطوط الطول ودوائر العرض بحيث تتفق مع الخريطة الكبيرة. والشكل رقم (١١ ـ ٦) يمثل بعض من الخرائط المتداخلة كما توضحها الأطالس المتداولة.



(شكل رقم: ١١ ـ ٦) أوضاع الخريطة المتداخلة بالنسبة للخريطة الأصلية.

الفصل السابع

طرق رسم الخرائط
(مساقط الخرائط)

نحن نعرف أن الأرض كروية، فإذا أردنا أن نرسم خريطة لجزء من هذه الأرض، فلا بد لنا من معرفة الطريقة التي يتم بها رسم هذا الجزء الكروي على سطح مستو وهو الخريطة دون أن يكون هناك تشويهاً أو تحريفاً والذي قد يتمثل في عناصر مهمة في الخريطة مثل المسافات والاتجاهات والمساحات وكذلك الشكل. وتعرف هذه الطريقة بـ «مساقط الخرائط» التي بواسطتها يمكن إنشاء وتنظيم شبكة معينة من خطوط الطول ودوائر العرض على أساسها ترسم الخريطة وفيها يتم تحويل الشكل الكروي إلى شكل مسطح. وعند تصميم مسقط من مساقط الخرائط لا يهتم بتفاصيل الخريطة إذ يمكن توقيع ورسم المحيطات والقارات والأنهار بسهولة بعدما نصل إلى تصميم شبكة خطوط الطول والعرض.

ومنذ أن عرف الإنسان أن الأرض كروية الشكل أي منذ فترة الإغريق بدأ يفكر في مساقط الخرائط. وقد ابتكر العلماء والكارتوجرافيون على مر العصور الكثير من المساقط، حتى أنه ما يقع تحت أيدينا من مساقط بلغ عددها بضع مئات، إلا أنه من الناحية العملية لم يستخدم منها إلا عدداً قليلاً نسبياً، وذلك لأنه ليس هناك أي مسقط منها يستطيع أن يتجنب تشويه العلاقات المكانية التي لا يمكن أن تظهر بشكل صحيح إلا على نموذج الكرة الأرضية.

الأغراض التي تهدف المساقط إلى تحقيقها:

لا نجد خريطة مرسومة على سطح مستو (سطح ورقة الرسم) تتحقق فيها جميع العناصر الخاصة بالمسافة والاتجاه والمساحة والشكل بصورتها الصحيحة لعنصر من هذه العناصر أو أكثر، ولو أن ذلك يتم على حساب العناصر الأخرى، وهناك إذن بعض الأغراض ينبغي أن تحققها المساقط المختلفة، كما أن هناك بعض الشروط التي تتوافر في المسقط الجيد الذي يمكن استخدامه على أنه المسقط المثالي الذي يمكن الاعتماد عليه، وهي:

١ ـ أن تكون المسافات المختلفة على سطح الكرة الأرضية معادلة تماماً للمسافات المختلفة المقابلة لها على المسقط حسب مقياس الرسم المستخدم.

٢ ـ أن تكون المساحات المختلفة على سطح الكرة الأرضية معادلة تماماً للمساحات المقابلة لها على المسقط حسب مقياس الرسم المستخدم. وتحقيق المساحة الصحيحة أمر عظيم الأهمية في كثير من الخرائط. وبخاصة تلك الخرائط التي ترسم لكي تبين التوزيعات المكانية لظاهرة أو ظاهرة جغرافية مختلفة.

٣ ـ أن تكون الأشكال المختلفة على سطح الأرض مطابقة للأشكال المختلفة المقابلة لها على المسقط، وذلك لأن عنصر الشكل الصحيح لا يقل أهمية عن عنصر المساحة المتساوية، وفي المساقط التي تحقق الشكل الصحيح ينبغي أن يكون المقياس واحداً عند أي نقطة في جميع الاتجاهات، ولكن هذا ممكن فقط حينما تتقاطع خطوط الطول والعرض في زوايا قائمة.

٤ ـ أن تكون الاتجاهات والانحرافات والزوايا على سطح الأرض مطابقة للاتجاهات والانحرافات والزوايا في المسقط، والاتجاه الصحيح عنصر مهم أيضاً وبخاصة في الخرائط التي تدرس توزيع العوامل ذات الأهمية في العلاقات العالمية. ولكي نبين التوزيعات النطاقية أو الممتدة عرضياً لمثل هذه العوامل،

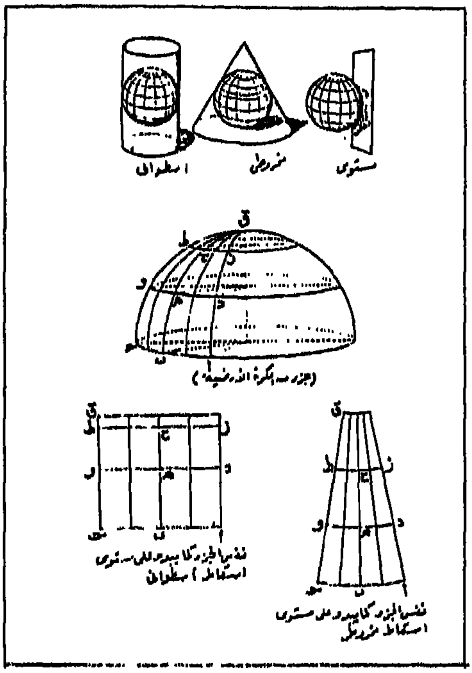
فمن المستحسن أن تكون دوائر العرض مستقيمة وموازية لدائرة الاستواء. ولذلك فإن المساقط التي تحاول أن تعرض الانحرافات الصحيحة أو زوايا السمت Azimuths تعرف بمساقط الاتجاهات الصحيحة أو المساقط السمتية، وهي المساقط التي تكون عليها خطوط الطول ودوائر العرض متعامدة في المسقط مثلما هي متعامدة في الطبيعة.

وقد وجد عند التطبيق العملي والفعلي لرسم الخرائط أي بعد إسقاطها أنه من المستحيل أن تتوافر الشروط الأربعة السابقة في مسقط واحد، وأن كل ما أمكن الوصول إليه فعلاً أن يحقق المسقط الواحد شرطاً أو شرطين لذلك ينتخب المسقط من أجل الغرض الذي يحققه، فهناك مثلاً مسقط يحقق المساحات، وآخر يحقق تساوي الانحرافات والاتجاهات وهكذا.

الفكرة التي بنيت عليها مساقط الخرائط:

إن الفكرة التي بنيت عليها مساقط الخرائط هي أن نتخيل أن الكرة الأرضية عبارة عن كرة زجاجية شفافة مرسوم عليها خطوط الطول ودوائر العرض كما هي على الكرة الأرضية فعلاً. كما نتخيل وضع منبع ضوئي داخل الكرة الزجاجية ـ في مركزها أو خارجها ـ على حسب نوع الإسقاط ونضع لوحة من ورق الرسم تختلف شكلها أيضاً حسب المسقط فأحياناً تكون مستوية وأخرى مخروطية وثالثة أسطوانية (شكل رقم ١ ـ ٧) ويكون وضع اللوحة على الكرة الزجاجية فوق الجزء المراد إسقاطه. فإذا كان المراد رسم المناطق القريبة من القطب الشمال أو الجنوبي فإننا نجعل اللوحة تمس الكرة الأرضية الزجاجية عند القطب الشمالي أو الجنوبي. أما إذا كان المراد رسم المناطق القريبة من دائرة الاستواء فيمكن جعل اللوحة تمس الكرة الأرضية الزجاجية عند دائرة الاستواء وذلك بجعل الإسقاط عبارة عن أسطوانة. أما إذا كان المراد رسم مناطق محصورة بين دائرة الاستواء والقطب فيمكن جعل اللوحة تمس الكرة في المنطقة بينها أو جعل اللوحة على شكل مخروط في هذه الحالة. وعلى حسب

شكل المنطقة وامتدادها وموقعها يمكن تحديد المسقط المناسب لها إذا كان من المساقط المستوية أو المخروطية أو الأسطوانية .



(شكل رقم: ١ ـ ٧) الفكرة التي بنيت على مساقط الخرائط.

بعض المفاهيم الخاصة بمساقط الخرائط:

عند إسقاط الخرائط قد تصادفنا بعض المصطلحات التي يجب أن نكون على دراية بها وهي:

١ ـ مستوى الإسقاط: وهو المستوى الذي يتم عليه إسقاط شبكة خطوط الطول ودوائر العرض، وتمثله لوحة ورق الرسم، ويمكن أن يكون مستوى الإسقاط في صور مختلفة منها المستوى، والمخروطي، والأسطواني.

٢ ـ نقطة التماس: وهي النقطة التي يمس فيها مستوى الإسقاط الكرة

الأرضية، ويلاحظ أن هذه النقطة تظهر بحقيقتها على مستوى الإسقاط.

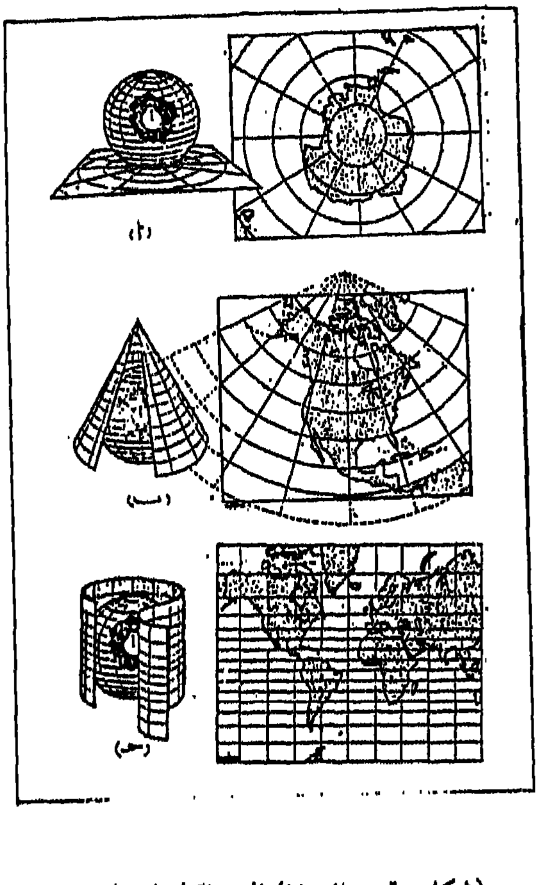
٣ ـ **التشويه**: يعني التشويه في إسقاط الخرائط أن المنطقة المسقطة لم تظهر كحقيقتها على الكرة الأرضية مما أدى إلى بعض التغييرات عليها لأسباب سنعلمها عند دراسة أنواع الخرائط.

٤ ـ **مركز الإسقاط**: وهي النقطة التي نتخيل عندها المنبع الضوئي، وفي حالات الإسقاط سنجد أن مركز الإسقاط يكون في مركز الكرة الأرضية أو قد يكون بعيداً عن المركز.

تصنيـف المساقـط:

ليس من السهل وضع تصنيف واضح وجامع لمساقط الخرائط وذلك بسبب تنوع المساقط وتداخلها في بعض البعض. وبالرغم من ذلك فقد ظهرت بعض التصنيفات التي تقسم المساقط على أساس نوعي حسب الغرض الرئيسي الذي تحققه إلى ثلاثة أنواع ذكرناها من قبل، وهي مساقط المساحات المتساوية، ومساقط الشكل الصحيح، ومساقط الاتجاهات الصحيحة أو المساقط السمتية. ولكن يمكن أن تصنف المساقط على أساس طرق إنشائها، فعلى الرغم من كثرة عدد المساقط وتنوعها إلا أن عدداً قليلاً منها هو ما يمكن إنشاؤه حسب مبادىء الرسم المنظور. أما معظم المساقط المستخدمة فقد اشتقت من معادلات رياضية غاية في التعقيد وضعت بصورة تضمن خصائص معينة في الخريطة. فهناك مجموعتين من المساقط تسمى الأولى بمساقط الرسم المنظور Prespective (شكل رقم ٢ ـ ٧)، وقد تعرف أحياناً بالمساقط الهندسية Goemetrical. أما المجموعة الثانية فتعرف بمساقط الرسم غير المنظور Non-prespective. وإلى جانب هذا التصنيف هناك تصنيف آخر تقسم فيه المساقط إلى ثلاثة أنواع تبعاً لنوع مستوى الإسقاط المستخدم في نقل شبكة خطوط الطول ودوائر العرض وهي: المساقط المستوية (السمتية) Zenithal projections وهي المساقط على سطح مستوٍ، والمساقط المخروطية Concial

projections، والمساقط الأسطوانية Cylindrical projections. وبالإضافة إلى هذا التصنيف هناك المساقط التي تنشأ على أساس المعادلات الرياضية بحيث تفي بالاحتياجات الخاصة التي وضعت من أجلها، ويسمى هذا النوع من المساقط باسم المساقط الرياضية أو الاصطلاحية Coventional projcctions، وفيما يلي دراسة تفصيلية لأنواع المساقط المنظورة حسب مستوى الإسقاط فيها والمساقط الرياضية. وسوف نختار أمثلة لكل نوع ونعرضها بالتفصيل.



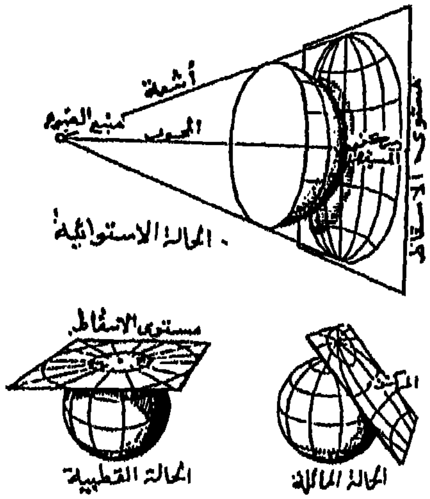
(شكل رقم: ٢ ـ ٧) المساقط المنظورة
(أ) المستوية، (ب) المخروطية، (جـ) الأسطوانية.

أولاً: المساقط المستوية

في المساقط المستوية يكون إسقاط خطوط الطول ودوائر العرض على مستوى الإسقاط المستو وتظل الاتجاهات من نقطة التماس (مركز مسقط الخريطة) اتجاهات صحيحة. وهذه ميزة يختص بها هذا النوع من المساقط حتى أنه يعرف أحياناً باسم مساقط الاتجاهات الصحيحة أو المساقط السمتية Azimuthal projections. ويمكن أن نجعل مستوى الإسقاط (ورقة الرسم) يمس الكرة الأرضية عند أحد القطبين أو عند أية نقطة على دائرة الاستواء أو على أية نقطة بين دائرة الاستواء والقطب. كما يمكن أن نغير موقع مصدر الضوء، فقد نضع مصدر الضوء في مركز الكرة أو عند أية نقطة على خط الاستواء، أو حتى خارج الكرة نفسها. وبالتالي فإن كلا موقعي مستوى الإسقاط ومصدر الضوء له أهمية عظيمة، ذلك لأنهما يتحكمان في تحديد المسافات بين مختلف خطوط الطول ودوائر العرض المسقطة على ورقة الخريطة. ومن ثم يمكن تقسيم المساقط المستوية إلى ثلاثة مجموعات حسب موقع مستوى الإسقاط على الكرة وهي: ١ ـ قطبية، ٢ ـ استوائية، ٣ ـ مائلة. كما يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات أخرى حسب موقع مصدر الضوء وهو: ١ ـ مركزية Gnomonic، ٢ ـ مجسمة Stereographic عندما يكون مصدر الضوء عند أية نقطة على سطح الكرة في وضع مضاد تماماً لنقطة تماس مستوى الإسقاط، ٣ ـ أورثوجرافية Orthorgraphic عندما يكون مصدر الضوء لا نهائياً (خارج الكرة) ومن ثم تكون أشعة الضوء متوازية. وإذا قمنا بدمج هاتين المجموعتين من المساقط المستوية فسيصبح لدينا تسعة أنواع من هذه المساقط، فكل فئة يمكن أن تنقسم إلى ثلاثة أقسام ثانوية تبعاً لموضع مستوى الإسقاط. فمثلاً المسقط المركزي يمكن أن يكون مركزياً قطبياً، أو استوائياً، أو مائلاً. : وهكذا (شكل رقم ٣ ـ ٧).

وبالرغم من أن المساقط المستوية في مجموعها تحقق شرط الاتجاهات

الصحيحة؛ إلا أن أهم عيوبها أنها تتضمن كثيراً من التشويه في المساحة والشكل كلما بعدنا عن نقطة المماس. على أن أهم استخداماتها في الخرائط تنحصر في رسم الخرائط التي تمثل نصف الأرض الكروي وخرائط المناطق القطبية.



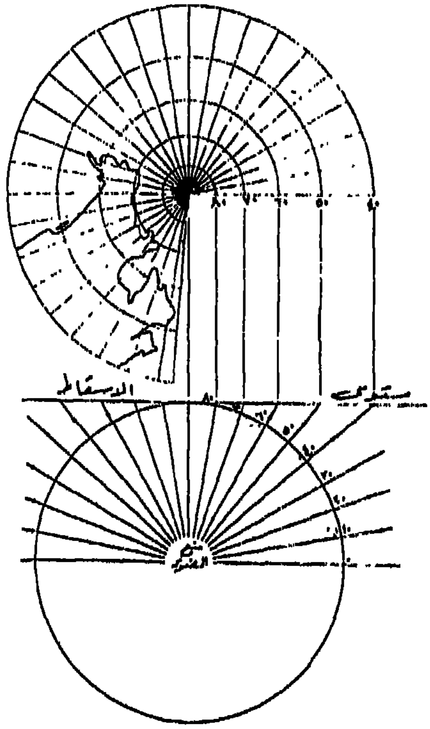
(شكل رقم: ٣ ـ ٧) تقسيم المساقط المستوية حسب موضع مستوى الإسقاط.

١ ـ المساقط القطبية **Polar azimuthal projections**:

(أ) المسقط المركزي القطبي:

يستخدم هذا المسقط في رسم الخرائط البحرية، وأهم ما يميزه أن مصدر الضوء يقع في نقطة عند مركز الكرة. كما أنه بسبب المبالغة في المساحة وتزايد التشويه في الشكل كلما بعدنا عن المركز، فإن هذا المسقط يصلح فقط عند رسم منطقة صغيرة في الأقاليم القطبية. ويحسن أن تغطي المنطقة التي يراد رسمها في حدود ٣٠ درجة من مركز الخريطة (نقطة المماس).

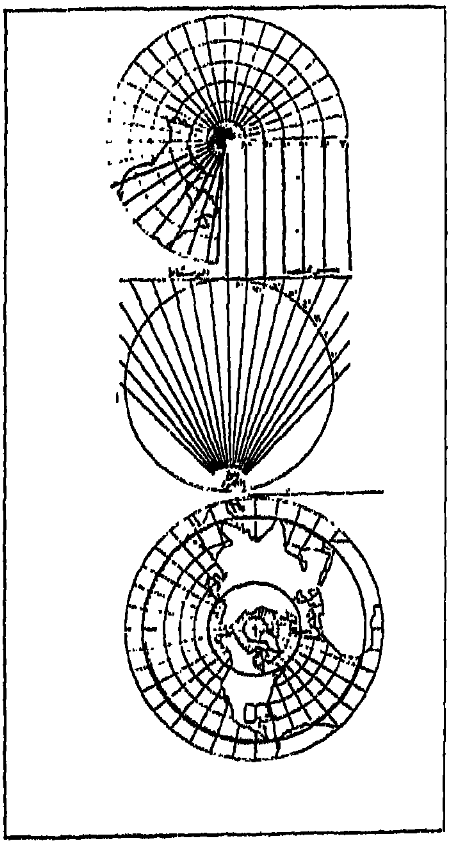
وتنحصر خصائص المسقط المركزي القطبي في أن دوائر العرض تظهر كدوائر مشتركة المركز وتتباعد عن بعضها بمسافة تتزايد كلما اتجهنا بعيداً عن المركز. بينما تبدو خطوط الطول مستقيمة إشعاعية تبدأ من مركز الخريطة. ونظراً لأن الدوائر العظمى على المسقط تظهر كخطوط مستقيمة فإن من السهل جداً أن نجد على هذا المسقط أقصر مسافة بين نقطتين. وبالمثل فإن المسافة بين خطوط الطول تتزايد بسرعة أكبر من المسافة بين دوائر العراض، بعيداً من المركز. ومن ثم فإنه نتيجة لذلك تظهر المبالغة الشديدة في المساحات كلما بعدنا عن المركز، فضلاً عن التشويه في الشكل أيضاً الذي يزيد كذلك كلما بعدنا عن المركز (شكل رقم ٤ ـ ٧).



(شكل رقم: ٤ ـ ٧) المسقط المركزي القطبي.

(ب) المسقط القطبي الاستريوجرافي (المجسم):

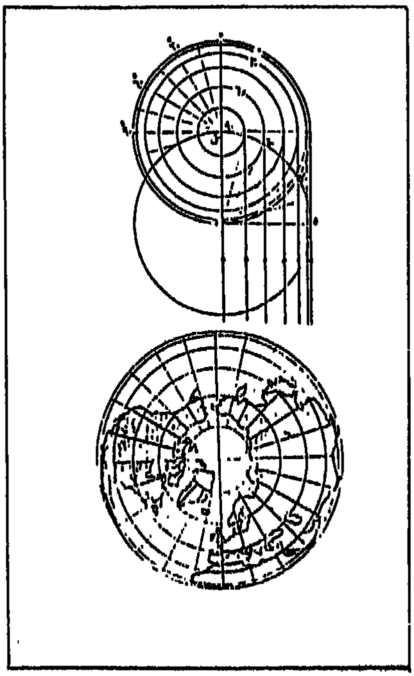
ويستخدم عادة في رسم الخرائط الفلكية والجوية. ويمكن تلخيص أهم خصائصه في أن منبع الضوء يقع في هذا المسقط عند نقطة القطب المقابل. كذلك نجد أن نسب التباعد بين دوائر العرض ليست كبيرة ـ كما هي الحال في المسقط السابق ـ ويظهر في هذا المسقط خط الاستواء بالإضافة إلى أنه يحقق شرط الاتجاه الصحيح (شكل رقم ٥ ـ ٧).



(شكل رقم: ٥ ـ ٧) المسقط القطبي الاستريوجرافي (المجسم).

(جـ) المسقط القطبي الأورثوجرافي (الصحيح):

يستخدم هذا المسقط بصفة عامة في رسم خريطة النجوم والكواكب والأقمار في القبة السماوية، وأهم مميزاته، أن مصدر الضوء يقع بعيداً جداً عن سطح الكرة ولذلك تسقط الأشعة متوازية. وفيه تتقارب دوائر العرض من بعضها كلما بعدنا عن مركز القطب، وبذلك تظهر الأشكال القطبية قريبة من الواقع، أما الأطراف فهي بعيدة جداً عن الشكل الصحيح وذلك لتقارب الدوائر الشديدة. وهذا المسقط يحقق شرط الانحراف الصحيح كما تحقق جميع دوائر العرض فيه الأبعاد الصحيحة (شكل رقم ٦ ـ ٧).

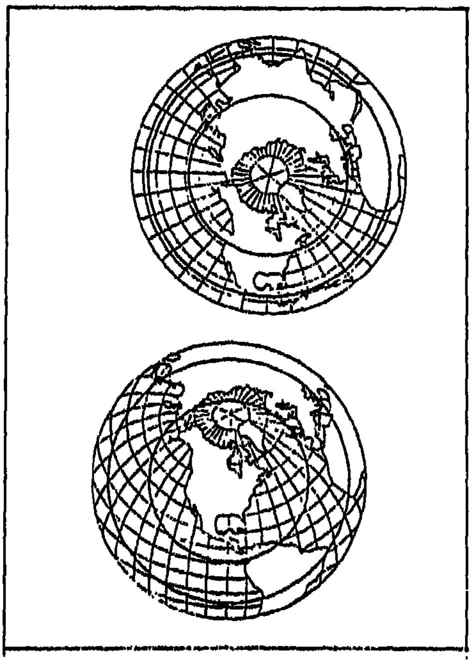


(شكل رقم: ٦ ـ ٧) المسقط القطبي الصحيح (الأورثوجرافي).

(د) مسقط لامبرت للمساحات المتساوية:

يستخدم هذا المسقط لرسم المناطق القطبية الشمالية والجنوبية، كما

يستخدم في رسم خرائط التوزيعات المختلفة. وأهم خصائصه تتمثل في أن منبع الضوء يقع فيه عند مركز القطب نفسه، بالإضافة إلى أنه يحقق شرط المساحات المتساوية. وترسم فيه جميع دوائر العرض بواسطة مقياس رسم واحد. كما أنه يحقق شرط الاتجاه الصحيح بنسب معقولة (شكل رقم ٧ ـ ٧).



(شكل رقم: ٧ ـ ٧) مسقط لامبرت للمساحات المتساوية.

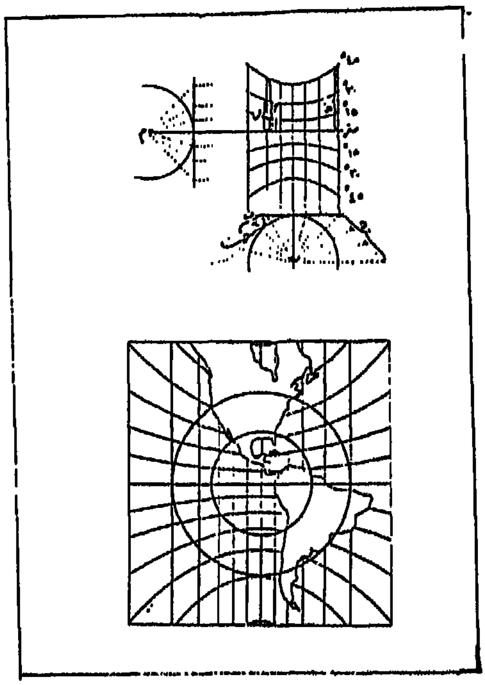
٢ ـ المساقط الاستوائية:

(أ) المسقط الاستوائي المركزي:

يستخدم هذا المسقط في رسم خرائط المناطق القريبة من خط الاستواء، وحتى دائرة ١٥، ٢٠ درجة على الأكثر شمالاً وجنوباً، وبنفس هذا المقدار عن خط الطول الأوسط في المنطقة شرقاً وغرباً. وبذلك فإنه لا يصلح لرسم خريطة

قارة آسيا تبعاً لامتدادها الكبير، ولكنه يصلح لرسم خريطة قارة أفريقيا.

ويمس مستوى الإسقاط الكرة عند خط الاستواء بحيث يكون منبع الضوء في مركز الكرة، ومن ثم تظهر خطوط الطول مستقيمة ومتوازية وتتباعد عن بعضها شرقاً أو غرباً عن خط الطول الأوسط بينما تظهر دوائر العرض على شكل أقواس تنحني نحو دائرة للاستواء كما تتباعد عن بعضها كلما اتجهنا نحو القطبين وتظهر دائرة الاستواء على شكل خط مستقيم يتعامد على خط الطول الأوسط (شكل رقم ٨ ـ ٧).



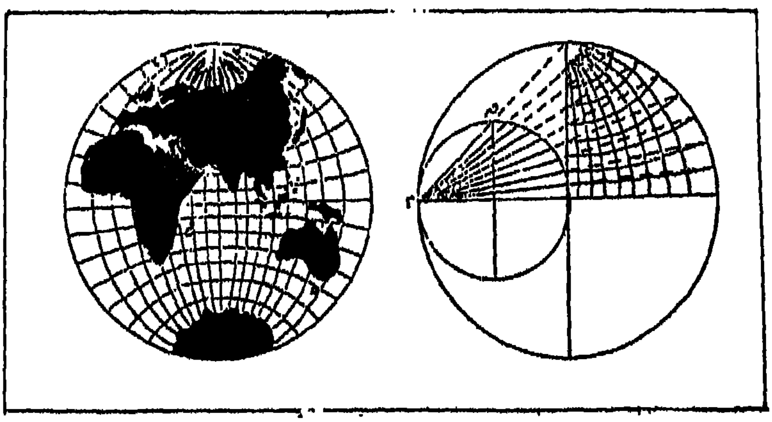
(شكل رقم: ٨ ـ ٧) المسقط الاستوائي المركزي.

وأهم ما يتميز به هذا المسقط هو أن خطوط الطول لا تتعامد على دوائر العرض، ولذلك فإنه لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح إلا على خط الطول الأوسط ودائرة الاستواء، كما أنه لا يحقق الشكل الصحيح أو المسافات أو

المساحات الصحيحة، نظراً لزيادة التشويه به كلما اتجهنا شمالاً أو جنوباً، وشرقاً أو غرباً عن نقطة المماس.

(ب) المسقط الاستوائي المجسم:

يستخدم هذا المسقط في رسم الزوايا الصحيحة (الاتجاه الصحيح) بصورة قريبة من الواقع. وأهم خصائص المسقط تتلخص في أن منبع الضوء يكون في نقطة تقع عند نهاية القطر الاستوائي الذي يمسه مستوى الإسقاط، وفيه تتباعد خطوط الطول عن بعضها كلما بعدنا عن مركز لوحة الرسم وتكون هذه الخطوط على شكل أقواس بينما تكون دوائر العرض عبارة عن أقواس تنحني باتجاه خط الاستواء وتتباعد عن بعضها باتجاه القطبين (شكل رقم ٩ ـ ٧).

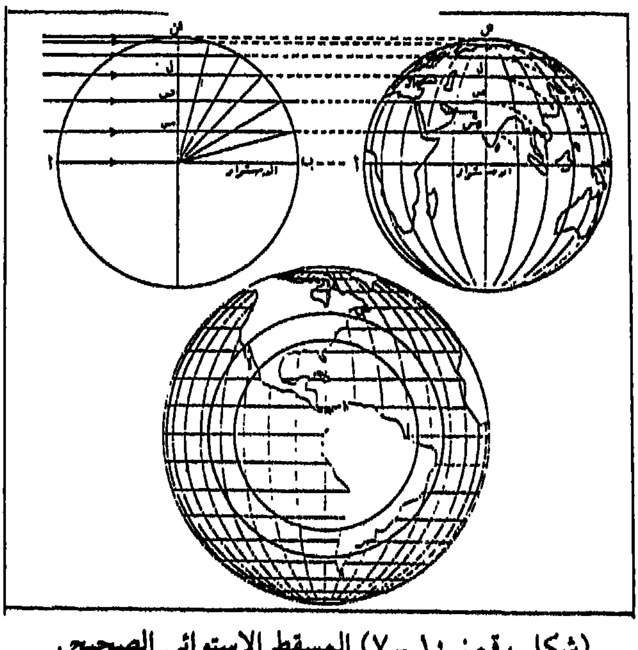


(شكل رقم: ٩ ـ ٧) المسقط الاستوائي المجسم.

وفي حالة المسقط المجسم يمكن إظهار نقطة القطب على اللوحة لذلك يستخدم هذا المسقط أحياناً في رسم منطقة الدائرة القطبية. إلا أن هذا المسقط لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح إلا على خط الطول الأوسط والدائرة الاستوائية تبعاً لعدم تعامد خطوط الطول على دوائر العرض. كما قد يؤدي تباعد خطوط الطول ودوائر العرض إلى عدم تحقيق شرط المسافة المتساوية والمساحات المتساوية، إلا أن هذا التباعد ليس مبالغاً فيه كما هي الحال في المسقط المركزي.

(جـ) المسقط الاستوائي الصحيح:

يستخدم هذا المسقط في رسم الخرائط التي لا تحتاج إلى مقياس رسم دقيق مثل خرائط الأرض والقمر. وأهم ما نلاحظه على هذا المسقط أن منبع الضوء يكون في نقطة بعيدة جداً عن الكرة الأرضية. بحيث تسقط الأشعة كلها بصورة متوازية على سطح الكرة. وتظهر عليه خطوط الطول على شكل أقواس تتقارب من بعضها كلما بعدنا عن خط الطول الأوسط شرقاً أو غرباً بينما تظهر دوائر العرض على شكل خطوط مستقيمة ومتوازية لبعضها كما تتقارب كلما بعدنا عن دائرة العرض الوسطي (دائرة الاستواء) أي كلما اتجهنا نحو القطبين. وأهم ما يميز هذا المسقط أنه على الرغم من أن التشويه في شكل الخريطة يظهر واضحاً في جميع أطراف الخريطة البعيدة عن المركز إلا أنه يحقق شرط المسافات والمساحات والأشكال الصحيحة في الأجزاء الوسطى من الخريطة فقط بالإضافة إلى تحقيق شرط الاتجاه الصحيح على خط الطول الأوسط فقط (شكل رقم ١٠ ـ ٧).



(شكل رقم: ١٠ ـ ٧) المسقط الاستوائي الصحيح.

(د) مسقط المسافات المتساوية:

يستعمل هذا المسقط عادة في رسم الشكل الكروي لسطح الأرض. وأهم خصائص هذا المسقط أن منبع الضوء يكون خارج الكرة على امتداد القطر الاستوائي بمسافة تساوي نصف طول الوتر الواصل بين دائرة الاستواء والقطب. وفيه تظهر خطوط الطول على شكل أقواس تتقارب المسافة بينهما كلما بعدنا عن دائرة الاستواء حتى تتلاشى عند القطبين، بينما تظهر دوائر على شكل أقواس تنحني قليلاً نحو الاستواء وتبعد عن بعضها بمسافات متساوية على خط الطول الواحد، ولكن نجد أن دائرة الاستواء وخط الطول الأوسط يظهرا كخطين مستقيمين متعامدين، وأهم ما يتميز به هذا المسقط أنه يحقق شرط المسافات المتساوية وذلك لأن خط الطول أو دائرة العرض على المسقط تساوي نظيرتها على الكرة الأرضية، كما يتحقق فيه شرط الاتجاه الصحيح على دائرة الاستواء وخط الطول الأوسط فقط.

(هـ) مسقط لامبرت للمساحات المتساوية:

يستخدم هذا المسقط لرسم خرائط نصف الكرة أو الجزء منها وكذلك في رسم الخرائط الطبوغرافية وخرائط التوزيعات الجغرافية. وأهم ما يلاحظ على هذا المسقط أن خطوط ودوائر العرض تبدو فيه على شكل أقواس. إلا أن دائرة الاستواء يتعامد عليها خط الطول الأوسط. بالإضافة إلى أن شبكة خطوط الطول تقسم كلها بموجب مقياس الرسم. ويتميز هذا المسقط بأنه يحقق شرط المساحات المتساوية، إلا أن الاتجاهات والزوايا عليه لا يمكن أن تظل محفوظة بل يزداد اختلاف الزوايا بانتظام عن حقيقة أصلها كلما ابتعدنا عن نقطة المماس واتجهنا نحو الأطراف. كذلك فإن المناطق من سطح الأرض ذات العروض الصغيرة تصبح ذات شكل ممدود حسب خطوط الطول وبالتالي فإن هذه الطريقة تصلح جيداً لتمثيل نصفي الكرة الأرضية وبصفة خاصة المناطق القطبية فيها لأنها لا تصيب هذه المناطق باندماج كبير مع تغيير بسيط في الزوايا (شكل رقم ١١ ـ ٧).



(شكل رقم: ١١ ـ ٧) المسقط الاستوائي متساوي المساحات (مسقط لامبرت).

٣ ـ المساقط المائلة:

تستخدم هذه المساقط عند رسم الخرائط السياسية وطرق المواصلات في نصف الكرة الشمالي أو الجنوبي. وتظهر في هذه المساقط المنطقة القطبية الشمالية والجنوبية كلها بشكل واضح. وأهم ما تتميز به هذه المساقط أن نقطة التماس لمستوى الإسقاط تقع على إحدى النقط المحصورة بين دائرة الاستواء واحد القطبين على سطح الكرة. وبالتالي فإن خطوط الطول تظهر على شكل أقواس تتناقص المسافة بينهما على دوائر العرض كلما اقتربنا من القطب، بينما تظهر دوائر العرض القريبة من القطب على شكل بيضاوي، أما بقية الدوائر فتظهر غير كاملة (شكل رقم ١٢ ـ ٧).

ثانياً: المساقط الأسطوانية

تختلف هذه المساقط فيما بينها اختلافاً واضحاً على الرغم من اتفاقها في فكرة الإسقاط الضوئي بصفة عامة. ويختص هذا النوع من المساقط برسم

الخرائط التي يظهر عليها العالم بأكمله ويكون مستوى الإسقاط على شكل أسطوانة تمس الكرة الأرضية عند الدائرة الاستوائية، وتمتاز هذه المساقط بأنها تحقق شرط الاتجاه الصحيح نظراً لتعامد خطوط الطول على دوائر العرض وكلاهما يظهر على شكل خطوط مستقيمة تماماً ومتعامدة على بعضها، كما أنها تكون متوازية. وفيما يلي دراسة لبعض أمثلة من هذه المساقط:

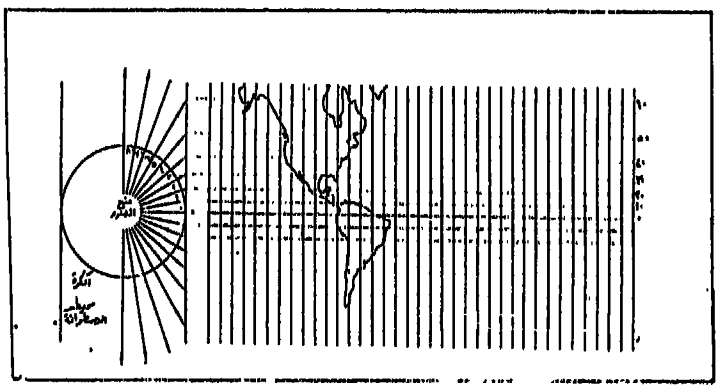


(شكل رقم: ١٢ ـ ٧) المسقط المستوى المائل.

١ ـ المسقط الأسطواني المنظور Prespective:

يعرف هذا المسقط أيضاً باسم المسقط الأسطواني الحقيقي، وهو نادراً ما يستخدم في رسم الخرائط نظراً لكثرة أوجه النقص فيه، فهو لا يحقق شرط المساحة الصحيحة ولا الشكل الصحيح، إذ يزيد تشويهها كلما بعدنا عن دائرة الاستواء، وحتى المقياس فهو صحيح فقط على طول دائرة الاستواء، ولكنه يحقق شرط الاتجاه الصحيح (شكل رقم ١٣ ـ ٧).

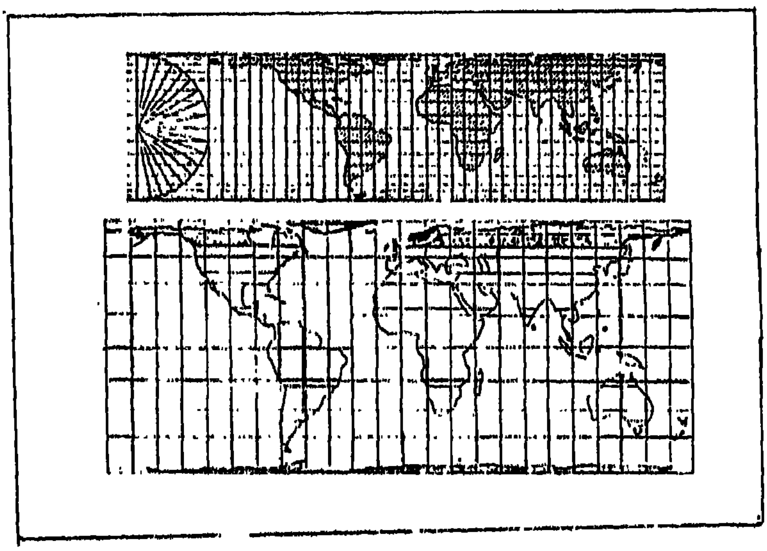
وأهم خصائص هذا المسقط تتمثل في أن مصدر الضوء يقع في مركز الكرة كما يلامس فيه مستوى الإسقاط الأسطواني الكرة على طول دائرة الاستواء، وبالتالي فإن دائرة الاستواء لن تسقط أي ظلال، ولكن كل نقطة عليه يكون شكلها صحيحاً والمقياس عليها أيضاً يكون صحيحاً. وفيه تظهر خطوط الطول ودوائر العرض خطوطاً مستقيمة تتقاطع مع بعضها في زوايا قائمة. كما أن المسافات بين خطوط الطول وخطوط العرض، وكل خط يكون مساوٍ في الطول لخط الاستواء. ويحدث في هذا المسقط مبالغة شديدة جداً في كل من المقياس الشرقي الغربي والمقياس الشمالي والجنوبي، والمبالغة ليست بنفس القدر في كلا الاتجاهين. فالمسافات تتزايد بنسب مختلفة في كلا الاتجاهين وبالتالي تزداد المساحة كثيراً، إلى جانب زيادة التشويه في الشكل بدرجة عظيمة. إلا أن المسافات والمقاييس تكون صحيحة فقط في شريط ضيق حول خط الاستواء. هذا بالإضافة إلى أنه لا يمكن أن يظهر أي من القطبين الشمالي أو الجنوبي على هذا المسقط لأن شعاع الضوء المنبثق من مركز الكرة إلى القطب يصبح موازياً لسطح مستوى الإسقاط الأسطواني.



(شكل رقم: ١٣ ـ ٧) المسقط الأسطواني المنظور ـ أحد أمثلة المساقط الأسطوانية.

٢ ـ المسقط الأسطواني المتساوي المساحات:

يحقق هذا المسقط شرط المساحات المتساوية لذلك فإنه يستخدم في بيان التوزيعات الجغرافية، إلا أن هذه التوزيعات لا تظهر فيه بشكل مناسب في العروض العليا لأن الشكل عندها يصبح مشوهاً جداً ومن هنا فإن هذا المسقط يصبح مفيداً فقط في إظهار التوزيعات الجغرافية في العروض المحصورة بين دائرتي عرض ٤٥ درجة شمالاً وجنوباً، فمثلاً نستطيع أن نستخدمه لخريطة تهتم بتوزيع محصول قصب السكر (محصول مداري) بينما لا يصلح لرسم خريطة تبين توزيع بنجر السكر أو محصول آخر من المحاصيل في العروض الوسطى والعليا (شكل رقم ١٤ ـ ٧).



(شكل رقم: ١٤ ـ ٧) المسقط الأسطواني المتساوي المساحات.

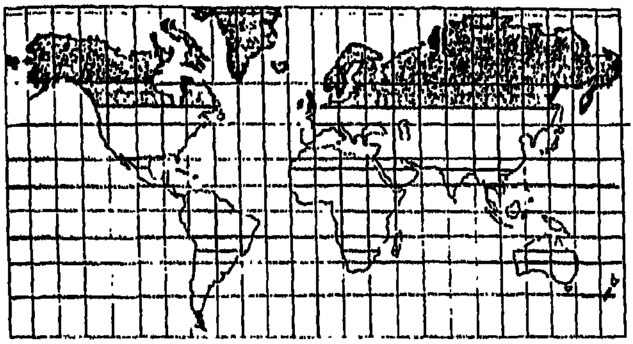
ويدخل هذا المسقط ضمن أنواع المساقط الأسطوانية غير المنظورة. وأهم ما يتميز به أنه يصمم بحيث تصبح المساحات عليه مساوية لما يناظرها من مساحات على الكرة الأرضية، وشبكة خطوط الطول ودوائر العرض تشبه مثيلتها

في المسقط الأسطواني الحقيقي فيما عدا أن دوائر العرض في هذا المسقط تتقارب كلما بعدنا عن دائرة الاستواء حتى تصبح متجمعة كالحزمة قرب المناطق القطبية.

كما يتميز بأن أطوال دوائر العرض تكون مساوية لدائرة الاستواء بينما تتزايد المسافات كثيراً كلما بعدنا عن دائرة الاستواء، ولكن هذه الزيادة في المسافة تتزايد شرقاً وغرباً، يقابلها نقص في المسافات شمالاً وجنوباً، وبالتالي فإن المسقط يحافظ على المساحة الصحيحة.

٣ ـ مسقط ميركيتور:

يعرف مسقط ميركيتور باسم المسقط الأسطواني الصحيح الشكل Cylinderical arthomorphic، ولقد ظهر هذا المسقط في عام ١٥٦٩ بشكل غير صحيح تماماً، وقام بتعديله بعد ذلك بثلاثين عاماً الكارتوجرافي البريطاني ادوارد رايت E. Wright في عام ١٥٩٩. ويعتبر مسقط ميركيتور المعدل أشهر المساقط التي تستخدم بكثرة في الأطالس الإنجليزية فيما مضى. ونظراً لأنه يحقق شرط الاتجاه الصحيح فهو يستخدم في رسم الخرائط البحرية. إلا أن هذا المسقط قد اعتبره البعض مسؤولاً عن تثبيت بعض المفاهيم غير السليمة الخاصة بمساحات الدول المختلفة فمساحة الاتحاد السوفيتي مثلاً تظهر على هذا المسقط أكبر من مساحة بقية أوراسيا وقارة أفريقيا مجتمعين مع أن الواقع غير ذلك. كذلك تظهر عليه جزيرة جرينلد أكبر في مساحتها من مساحة أميركا الجنوبية التي تكبر جزيرة جرينلد بثمان مرات. كما أن هذا المسقط يؤخذ عليه أنه قد أطاح بحقيقة كروية الأرض إذ جعل سطحها سطحاً مستوياً في أذهان العامة. فقارة أوروبا تبدو عليه أقرب ما تكون إلى أميركا الشمالية عبر طريق المحيط الأطلسي مع أن الذي لا يمكن أن يوضحه هذا المسقط هو أن هناك طريقاً قطبياً أقصر بكثير وهو الطريق الذي تستخدمه الخطوط الجوية بين هاتين القارتين (شكل رقم ١٥ ـ ٧).



(شكل رقم: ١٥ ـ ٧) مسقط ميركيتور صحيح الاتجاه.

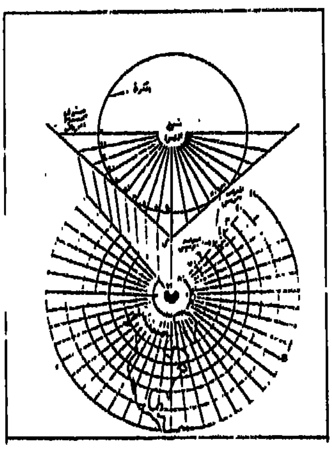
ويستخدم هذا المسقط حالياً في تحديد الطرق الملاحية بواسطة تتبع خطوط الاتجاهات الثابتة، إذ أن أي خط مستقيم على المسقط يمثل خطاً ذو اتجاه ثابت وصحيح بسبب تقابل خطوط الطول ودوائر العرض في زوايا قائمة، وهذا الخط سوف يقطع خطوط الطول بنفس الزاوية على سطح الأرض. كما يستخدم هذا المسقط في رسم خرائط العالم بأكمله التي توضح التيارات البحرية وخرائط أنواع الرياح ونظمها، وبالتالي فإنه من أصلح المساقط لرسم خرائط الطقس.

ويمكن إيجاز أهم خصائص مسقط ميركيتور في أن خطوط الطول ودوائر العرض تظهر عليه في شكل خطوط مستقيمة تتقابل مع بعضها في زوايا قائمة، كما هي الحال على الكرة الأرضية. وتكون المسافات بين خطوط العرض غير متساوية إذ تتزايد المسافة بين خطوط العرض كلما بعدنا عن دائرة الاستواء شمالاً وجنوباً، ولا تظهر المسافات الصحيحة إلا على دائرة الاستواء فقط. على أن أهم عيوب هذا المسقط هو أن شكل المساحات التي تمتد امتداداً عرضياً كبيراً يصبح مشوهاً بعكس المساحات الصغيرة التي يكون شكلها صحيح نسبياً.

ومن هنا فإنه لا يحقق شرط المساحة الصحيحة تبعاً للمبالغة العظيمة في المساحات المختلفة.

ثالثاً: المساقط المخروطية

تعتمد نظرية الإسقاط المخروطي التي ينتج عنها مسقط مخروطي منظور، على وجود مستوى إسقاط مخروطي يوضع فوق الكرة الزجاجية بحيث تكون قمته على امتداد محور الكرة، أي فوق القطب، ويمس سطح المخروط عند قاعدته الكرة على طول دائرة عرض اختياري الذي غالباً ما تكون هي دائرة العرض المتوسطة في الخريطة. ومن مركز الكرة أي من منبع الضوء تنعكس دائرة المماس بشكل صحيح على المخروط. وتسمى دائرة العرض التي يحدث عندها التماس والتي تكون المسافات على طولها صحيحة بخط العرض الصحيح أو القياسي. وتسقط بقية دوائر العرض على سطح المخروط كمجموعة من الدوائر الأفقية المتمركزة والمختلفة الأقطار التي يمكن تحديدهما. وعند بسط سطح المخروط ليمثل مستوى الخريطة تظهر خطوط الطول كخطوط مستقيمة، وخطوط العرض كأقواس من دوائر مشتركة المركز (شكل رقم ١٦ ـ ٧).



(شكل رقم: ١٦ ـ ٧) المسقط المخروطي المنظور.

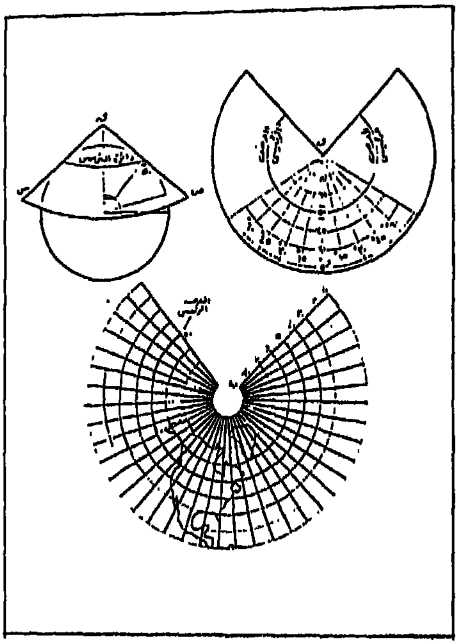
أما المساقط المخروطية غير المنظورة فهي المساقط المستخدمة في رسم الخرائط بصفة عامة، وهي عبارة عن مساقط مخروطية منظورة معدلة بالاستعانة ببعض القوانين الرياضية. ومن هذه المساقط: المسقط المخروطي البسيط، والمسقط المخروطي بعرضين رئيسيين، ومسقط بون، ومسقط سانسون ـ فلامستيد.

١ ـ المسقط المخروطي البسيط:

يستخدم هذا المسقط في رسم أجزاء محدودة المساحة كدول أو أجزاء من قارات وخاصة المناطق القريبة من القطب مثل كندا، أوروبا، الاتحاد السوفيتي. ويحقق هذا المسقط شرط الانحرافات الصحيحة، ولكنه لا يحقق شرط المسافات والمساحات المتساوية إلا على خط عرض واحد وهو خط العرض الذي يلامس المخروط الكرة عنده، وغالباً ما يكون هو خط عرض ٤٥ درجة. وأهم ما نلاحظه على هذا المسقط هو أن رأس المخروط تسامت القطب، كما يجب أن يلامس المخروط الكرة عند خط عرض ٤٥ درجة، ويوجد منبع الضوء في مركز الكرة. وتظهر خطوط الطول متقاطعة مع دوائر العرض في زوايا قائمة. وبذلك فإن المسقط يحقق شرط الانحرافات الصحيحة، بينما لا ينطبق مقياس الرسم إلا على دائرتي العرض الرئيسية ولكنه ينطبق على كل خطوط الطول. ويحقق المسقط الشكل الصحيح عند الدائرة الرئيسية فقط، ويزداد التشويه كلما بعدنا عنها، فضلاً عن أن نقطة القطب تظهر واضحة عليه (شكل رقم ١٧ ـ ٧).

٢ ـ المسقط المخروطي بعرضين رئيسيين:

يستخدم هذا المسقط لتمثيل مساحة ذات امتداد شرقي غربي مع اتساع عظيم جهة الشمال والجنوب في العروض الوسطى مثل أقطار الاتحاد السوفيتي وكندا. وحتى نحصل على أحسن النتائج منه فإن استخدامه لتمثيل المساحات



(شكل رقم: ١٧ ـ ٧) المسقط المخروطي البسيط، دائرة عرض رئيسية واحدة.

ذات الامتداد العرضي الصغير نسبياً نظراً لتزايد تشويه المقياس على طول خطوط العرض غير خطي العرض الأساسيين فيه.

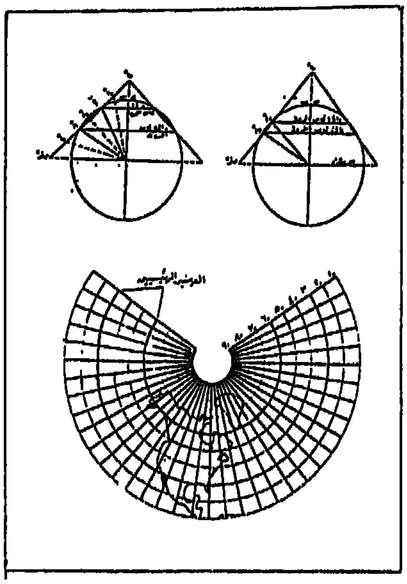
ويصمم هذا المسقط بحيث يكون له خطان عرضيان رئيسيان، وبالتالي تكون المساحات الممثلة صحيحة نوعاً ما حول هذين الخطين الأساسيين. ويحسن اختيار هذين الخطين بحيث يحصران فيما بينهما تقريباً ثلثي المساحة الممثلة على الخريطة. فمثلاً يمكن اختيار خطي العرض ٣٥، ٦٥ درجة كخطي عرض رئيسيين لهذا المسقط في المساحات الصغيرة من سطح الأرض. ويمكن أن نحدد خصائص هذا المسقط في أن خطوط الطول تظهر عليه في شكل خطوط مستقيمة تشع من المركز المشترك كأنصاف أقطار لأقواس الدوائر المشتركة في المركز. بينما تكون دوائر العرض عبارة عن أقواس من دوائر

مشتركة، وترسم على مسافات متساوية. كما يتميز المسقط بأن المقياس يكون صحيحاً على طول خطي العرض الأساسيين فقط، كذلك يكون المقياس صحيحاً على خط الطول الأوسط وبقية خطوط الطول الأخرى، وذلك بسبب أن خطوط الطول على المسقط تكون مماثلة لخط الطول الأوسط. إذ أن كلها عبارة عن أنصاف أقطار. ويبدو من هذا المقياس أن المسافات المحصورة بين خطي العرض الرئيسيين تمثل بصورة أقصر مما هي عليه في الطبيعة، بينما تمثل عليه المسافات الواقعة بعيداً عن هذين الخطين بصورة أكبر من مثيلتها في الطبيعة (شكل رقم ١٨ ـ ٧).

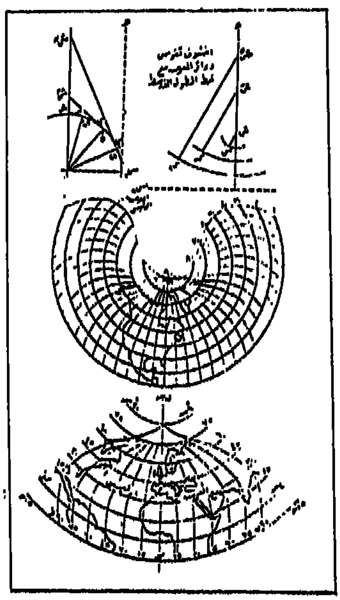
٢ ـ مسقط بون:

يعرف مسقط بون باسم المسقط المخروطي المتساوي المساحات. وهو مسقط مخروطي معدل. ويستخدم لرسم الخرائط الطبوغرافية وخرائط التوزيعات الجغرافية والقارات والأقطار التي تكون ممتدة على شكل مستطيل مثل الصين وأوراسيا وكندا واستراليا نظراً لأنه يحقق شرط المساحات الصحيحة. وبالرغم من ذلك فإن المساحات التي تقع على أطراف الخريطة أي الواقعة بعيداً جداً عن خط الطول الأوسط تتعرض لتشويه كبير في الشكل. وفي هذا المسقط يختار خط عرض أساسي واحد، كما في حالة المسقط المخروطي البسيط، بحيث يكون دائماً في الجزء الأوسط من الخريطة (شكل رقم ١٩ ـ ٧).

وأهم خصائص مسقط بون تنحصر في أن خطوط الطول تكون عبارة عن أقواس فيما عدا خط الطول الأوسط الذي يكون خطاً مستقيماً، كما يكون المقياس عليه فقط صحيحاً بينما يزيد التشويه كلما بعدنا عن خط الطول الأوسط. أما دوائر العرض فتبدو على شكل أقواس مشتركة المركز. ويكون المقياس عليها جميعاً صحيحاً لأنها قد قسمت تقسيماً صحيحاً، وإليها يرجع الفضل في أن المسافات تكون صحيحة في الامتداد الشرقي الغربي. وعلى الرغم من أن مسقط بون يحقق شرط المساحات المتساوية إلا أنه لا يحقق شرط الشكل الصحيح إلا على خط الطول الأوسط.



(شكل رقم: ١٨ ـ ٧) المسقط المخروطي بعرضين رئيسيين.

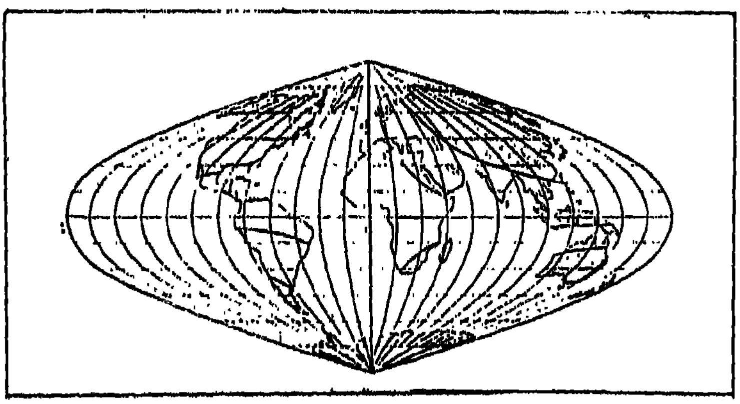


(شكل رقم: ١٩ ـ ٧) مسقط بون (بعرض أساسي واحد).

٤ ـ مسقط سانسون فلامستيد:

يسمى هذا المسقط أحياناً بالمسقط المنحني Sinusoidal projection لأن خطوط الطول به تبدو وكأنها عبارة عن منحنيات جيب Sin-curves رسمت خلال نقط التقسيم المناظرة لها على كل دائرة عرض. وهو إذن يعتبر حالة خاصة من مسقط بون مع جعل خط الاستواء وهو خط العرض الرئيسي يظهر كخط مستقيم، ومن ثم فإن كل خطوط العرض الأخرى تكون خطوط مستقيمة ومتوازية لخط الاستواء. وبنفس طريقة مسقط بون، يقسم خط الطول الأوسط في المسقط تقسيماً صحيحاً، كما تقسم خطوط العرض بصورة صحيحة. وبالتالي يعتبر مسقط سانسون ـ فلامستيد مسقطاً من المساقط التي تحقق شرط المساحات المتساوية كما أنه يحقق شرط المسافات المتساوية خاصة بين دوائر العرض والتي تمثل نظائرها على الطبيعة.

ونظراً لأن هذا المسقط يحقق شرط المساحات المتساوية فهو مهم في رسم بعض خرائط التوزيعات، وهي في معظمها خرائط سكانية أو اقتصادية وبصفة خاصة خرائط قارات أفريقيا وأميركا الجنوبية واستراليا. ولا يناسب هذا المسقط تمثيل العالم كله بسبب اختلاف المقياس على خطوط الطول وما ينتج عن ذلك من تشويه للشكل (شكل رقم ٢٠ ـ ٧).



(شكل رقم: ٢٠ ـ ٧) مسقط سانيون ـ فلامستيد (سنوسويد).

وأهم ما نلاحظه على هذا المسقط هو أنه على الرغم من تحقيقه لشرط المساحات المتساوية والمسافات المتساوية بين دوائر العرض، وعلى هذا الأساس فإن أي مساحة محصورة بين دائرتي عرض وخط طول تساوي نظيرتها المحصورة بين نفس دائرتي العرض وخط الطول على الكرة الأرضية حسب مقياس الرسم، إلا أنه لا يحقق شرط الانحرافات الصحيحة حيث أن دوائر العرض لا تتقاطع مع خطوط الطول في زوايا قائمة إلا في حالة تقاطع خط الطول الرئيسي مع دائرة الاستواء. كما يحقق هذا المسقط شرط الأشكال الصحيحة وخاصة كلما ابتعدنا عن خط الطول الرئيسي أو خط الاستواء، وبسبب ميل الزوايا التي تتقاطع عندها خطوط الطول مع خطوط العرض يكون المقياس صحيحاً فقط على كل خطوط العرض وكذلك خط الطول الأوسط، أما على خطوط الطول الأخرى فتكون المبالغة عظيمة.

رابعاً: المساقط الرياضية (الاصطلاحية)

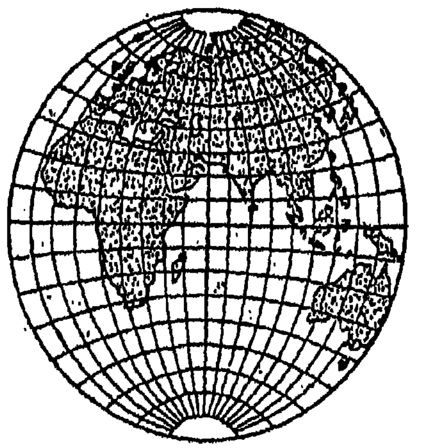
يعتمد هذا النوع من المساقط اعتماداً يكاد يكون تاماً على المعادلات الرياضية التي تصاغ بشكل يضمن تحقيق شروط معينة ومرغوبة في المسقط. ومعظم المساقط المستخدمة في رسم الخرائط هي من هذا النوع. وسوف نعرض فيما يلي لثلاثة مساقط من هذا النوع بدون أن نشرح طريقة رسمها أو المعادلات المستخدمة في إنشائها، فهي أمور لا تهمنا كثيراً كجغرافيين. وإنما نركز الفهم على خصائص شبكة المسقط ومميزاته المختلفة واستخداماتها الأساسية.

١ ـ المسقـط الكـروي:

في هذا المسقط يرسم العالم في نصفي كرة. وشبكة المسقط الأولية كانت تظهر فيها خطوط الطول كخطوط بيضاوية تمر خلال القطبين، كما كانت الأقسام المتساوية المسافة على طول خط الاستواء. وبعد ذلك تعدل شكل شبكة

المسقط فأصبحت خطوط الطول عبارة عن أقواس من دوائر بدلاً من الخطوط البيضاوية. ويستخدم المسقط الكروي بكثرة لرسم نصفي الكرة الأرضية في الأطالس.

وأهم الخصائص التي يتميز بها هذا المسقط يمكن حصرها في أن خطوط الطول تظهر عليه كأقواس من دوائر فيما عدا خط الطول الأوسط، بينما تكون دوائر العرض أيضاً عبارة عن أقواس من دوائر فيما عدا دائرة الاستواء. كما تكون التقسيمات على طول خط الاستواء وخط الطول الأوسط متساوية كلها. ومن أهم عيوب المسقط الكروي أنه لا يحقق شرط الشكل الصحيح ولا المساحات المتساوية. وذلك بسبب أن خطوط الطول لا تتقاطع مع دوائر العرض في شكل زوايا قائمة، كما أن المقياس ليس واحداً في كل الاتجاهات من أي نقطة هذا بالإضافة إلى تزايد المسافات بين دوائر العرض تجاه أطراف الخريطة (شكل رقم ٢١ ـ ٧).

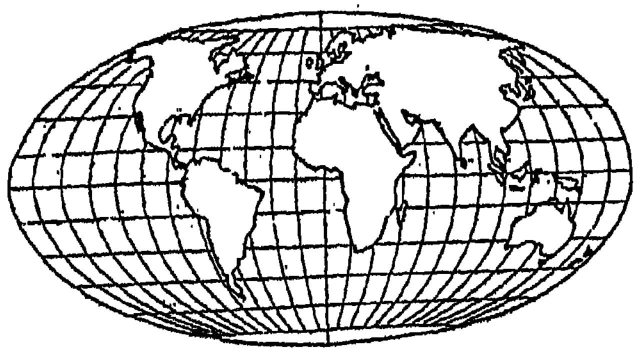


(شكل رقم: ٢١ ـ ٧) المسقط الكروي.

٢ ـ مسقط مولفيدي:

يعتبر هذا المسقط من أهم المساقط المستخدمة في رسم الخرائط في الأطالس وفي رسم الخرائط التعليمية لأن طريقة رسمه تصلح لخرائط التوزيعات بأنواعها مثل توزيع كثافة السكان، أو امتداد الغابات أو المرعى وغيرها من المظاهر المساحية، بسبب تحقيقه لشرط المساحات المتساوية. وهو من نوع المساقط الأسطوانية المعدلة إذ يتميز بأن خطوط الطول تظهر عليه في شكل خطوط بيضاوية متماثلة الأطراف فيما عدا خط الطول الأوسط وخط طول ٩٠ درجة شرقاً وغرباً التي تؤلف في مجموعها دائرة كاملة وبالتالي فإن المساحة المحصورة بين ٩٠ درجة شرقاً، و ٩٠ درجة غرباً تمثل نصف الكرة الأرضية. بينما تتمثل دوائر العرض على هذا المسقط بمستقيمات موازية لخط الاستواء وتمر بتقسيم خط الطول الأوسط. وهذا التقسيم يوضع بحيث يجعل المسقط كله محافظاً على نسب المساحات المختلفة على سطح الكرة الأرضية إلا أن المسافات بين خطوط العرض على المسقط ليست متساوية أي مطابقة للحقيقة على سطح الكرة الأرضية، فهذه المسافات تتناقص كلما بعدنا عن خط الاستواء شمالاً وجنوباً. ولا ينطبق المقياس على كل الخريطة، لأن كل خط عرض له مقياسه الخاص به. كذلك نجد أن المقياس على طول خط الاستواء ليس صحيحاً، كما يتزايد المقياس على خطوط الطول كلما بعدنا عن خط الطول الأوسط. وبالإضافة إلى ذلك فإن المسقط لا يحقق شرط الشكل الصحيح لكل الأجزاء، إذ يحدث فيه تشويه للشكل في النطاق الاستوائي وفي الأقاليم القطبية وكذلك الأجزاء الواقعة في أطراف الخريطة الشرقية، والغربية. كما أن القطر الاستوائي عليه يكون ضعف القطر القطبي (شكل رقم ٢٢ ـ ٧).

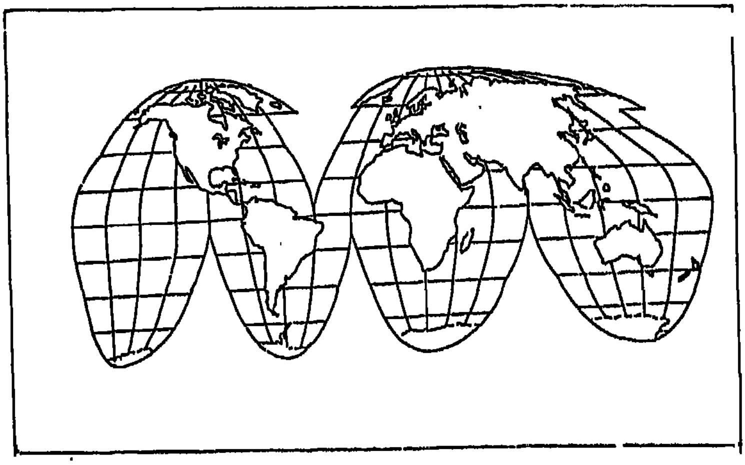
ويعتبر الفرق الأساسي بين مسقط مولفيدي ومسقط ميركيتور يتمثل في أن الخريطة المرسومة بمسقط مولفيدي تكون المبالغة فيها أقل في الأطراف القطبية بالنسبة لمسقط ميركتيور. كما أن مسقط مولفيدي يمكن أن يظهر بصورة أجسن نوعاً من مسقط سانسون ـ فلامستيد. وهذه خاصية حقيقية في خريطة العالم.



(شكل رقم: ٢٢ ـ ٧) مسقط مولفيدي.

٣ ـ مسقط جود المقطع:

يتضمن هذا المسقط الأجزاء من العالم بين دائرتي عرض ٤٠ درجة شمالاً وجنوباً في المسقط المنحني (مسقط سانسون ـ فلامستيد) والأجزاء الباقية في مسقط مولفيدي. ويعرف مسقط جود أحياناً باسم Homolosine projection كاختصار لإسمي المسقطين اللذين اعتمد عليهما. وقد اقتطع «جود» بعض المساحات المائية غير الضرورية من المسقط، وذلك لكي يصلح من شأن الأشكال التي يكتنفها تشويه. وقد تحقق هذا الهدف عن طريق اختيار عدة خطوط طول مركزية صحيحة المقياس وتمر وسط القارات وهي خطوط الطول: ١٤٠ درجة شرقاً في استراليا و ٨٠ درجة شرقاً في أوراسيا، و ٢٠ درجة شرقاً في افريقيا، ٥٥ درجة غرباً في أميركا الجنوبية، ١٠٠ درجة غرباً في أميركا الشمالية (شكل رقم ٢٣ ـ ٧).



(شكل رقم: ٢٣ ـ ٧) مسقط جود المقطع.

ويستخدم هذا المسقط في رسم خرائط التوزيعات لجميع قارات العالم مثل خرائط توزيع درجة الحرارة والمطر والنبات الطبيعي وكثافة السكان وغيرها. وأهم خصائص هذا المسقط تتمثل في أنه يعتبر من المساقط الاسطوانية المعدلة، وقد قطع إلى عدة أجزاء للمحافظة على شرط المساحات الصحيحة في جميع أجزاء الخريطة. وتظهر عليه خطوط الطول كأقواس يزداد طولها في الأطراف، فهي لا تتفق مع مقياس الرسم ما عدا خط الطول الأوسط، ولكن المسافة بينهما على دائرة العرض الواحدة تكون مطابقة للمقياس. أما دوائر العرض فتظهر على المسقط كخطوط مستقيمة موازية لخط الاستواء وتكون المسافة بين دائرة عرض وأخرى على خطوط الطول الوسطى مطابقة للمقياس. ويحقق المسقط شرط المساحات المتساوية، ونظراً لأن شبكة المسقط تبدو

متقطعة في المحيطات فإن ذلك يعطي كل قارة في مكانها ميزة وجودها في وسط المسقط، ومن هنا فإن شكل القارات يظهر بصورة أحسن منها في المساقط الأخرى. وإذا كان هناك عيوب لهذا المسقط فإنها تتمثل في تقطع الإطار الخارجي فقط لخريطة العالم المرسومة عليه.

الفصل الثامن
العلامات والرموز الاصطلاحية
على الخرائط

لما كانت الخريطة تختلف في مساحتها عن الأصل الذي تمثله لاختلاف النسبة بينهما، فلقد استدعى الأمر اختصار المعالم الطبيعية والبشرية حتى لا تزدحم الخريطة بالمعلومات، ولذلك تستخدم طرقاً معينة توضح هذه المعالم على شكل رموز واصطلاحات مختصرة. ولا بد من الإلمام بمدلولاتها في الخرائط حتى يمكن إدراك هذه الظواهر والمعالم.

١ ـ طرق تمثيل المظاهر الطبيعية على الخرائط:

ظل تمثيل تضاريس سطح الأرض على الخرائط إلى وقت ليس ببعيد يمثل مشكلة رئيسة في صناعة الخرائط. وقد استخدمت عدة طرق حاول مخترعوها تمثيل أو تجسيم شكل الظاهرات المختلفة لسطح الأرض أو بمعنى آخر إظهار البعد الثالث (الارتفاعات أو الانخفاضات) على الخرائط. ويمكن ترتيب الطرق المختلفة التي حاولت تمثيل البعد الثالث لظاهرات سطح الأرض فيما يلي:

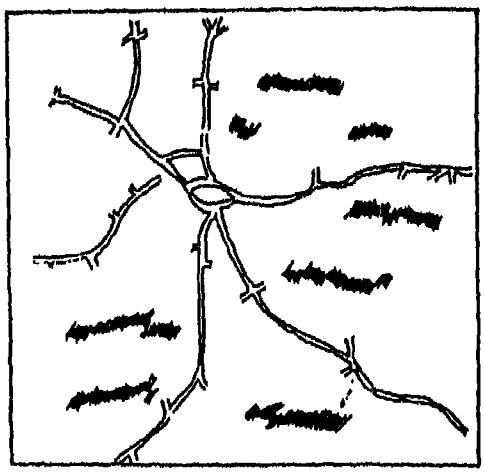
(أ) طريقة رسم خطوط سميكة على الخرائط:

تختص هذه الطريقة برسم خطوط سميكة باللون الأسود أو البني تمتد على طول اتجاه السلاسل الجبلية لتبين الاتجاه العام للمرتفعات والمواقع النسبية كما هي موجودة في الطبيعة (شكل رقم ١ ـ ٨). وهذه الطريقة وإن كانت تساعد على تحديد الموقع والاتجاه إلى حد ما، إلا أنها لا يمكن أن تعطينا فكرة

واضحة عن الارتفاع أو المنسوب الحقيقي لهذه الظاهرة أو الانخفاض (العمق) لظاهرة أخرى مختلفة، فضلاً عن أنها لا تصور اتجاه الظواهر التضريسية بالضبط وإنما توضحها بشكل تقريبي.

وفي المراحل الأولية التي حاول فيها العلماء العرب القدامى تمثيل ظاهرات سطح الأرض على الخرائط لجأوا إلى تمييز المرتفعات باستخدام خطوط سميكة، وكان تحديد هذه المرتفعات وانحدارها مبنياً على تفسير العالم نفسه، كما كان يتوقف ذلك على مقدرته في رسم أو تصوير المنطقة المرسومة لها الخريطة.

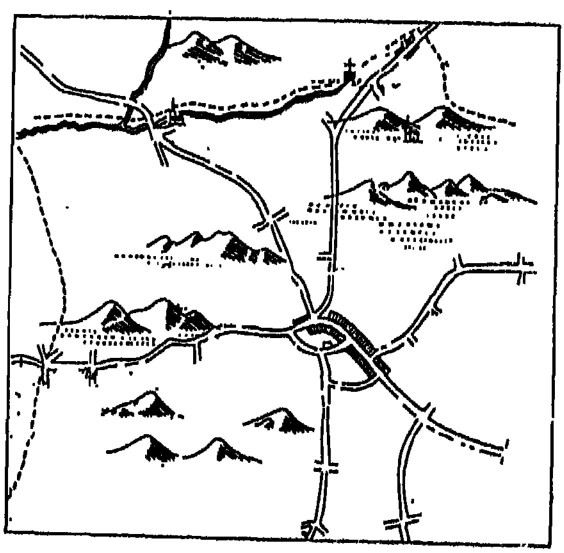
ولهذه الطريقة عيوب متعددة يمكن حصرها في أنه لا يوجد عادة على الخريطة أية معلومات تحاول تفسير مناسيب المناطق السهلية المرتفعة فيها أو المنخفضة. كما لا يمكن معرفة المنسوب الحقيقي الذي تقع عليه السلاسل الجبلية أو المناطق المرتفعة، وبالتالي ليس من السهل معرفة المناسيب المختلفة للمنطقة المرتفعة الواحدة كما أنه لا يمكن المقارنة ما بين سلسلة جبلية وأخرى وذلك لعدم معرفة المنسوب الذي تقع عليه المناطق فيما بينهما



(شكل رقم: ١ ـ ٨) بيان المرتفعات بطريقة الخطوط السميكة.

٣ ـ طريقة رسم صورة جانبية «بانورامية» للمرتفعات:

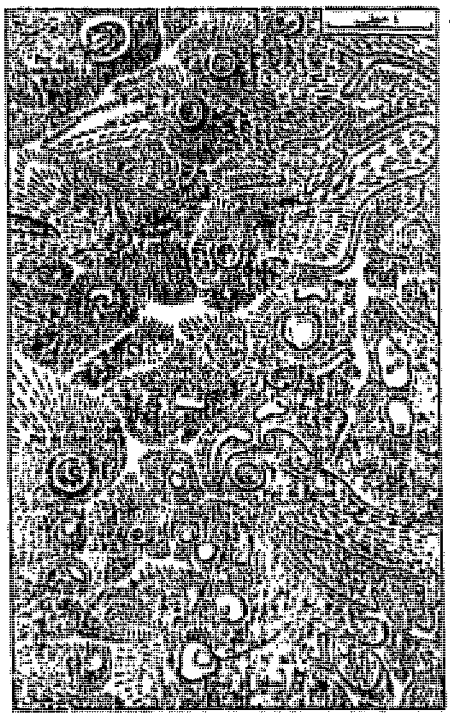
وتعتمد هذه الطريقة على التأثير الفوتوجرافي، أي توزيع الضوء على جوانب المرتفعات، وبعبارة أخرى فإنه يتم رسم المرتفعات عن طريق تظليل جوانبها كما يراها الإنسان بحيث تكون الجوانب الشديدة الانحدار أكثر تظليلاً من الجوانب الهينة الانحدار، أما الأراضي المستوية سواء المرتفعة كقمم الهضاب والأراضي السهلية المنخفضة كالسهول فتترك كمساحات خالية بدون تظليل (شكل رقم ٢ ـ ٨). وهذه الطريقة لا تختلف عن الطريقة السابقة وإن كانت توحي بشكل المرتفعات، هل هي شديدة الارتفاع أما أنها محدودة الارتفاع. وعلى الرغم من ذلك فإنها قد تستخدم كعامل مساعد لإبراز شكل سطح الأرض مع طرق تمثيل التضاريس الأخرى.



(شكل رقم: ٢ ـ ٨): بيان المرتفعات برسم صورة جانبية لها.

(جـ) طريقة الهاشور:

يرجع استخدام طريقة الهاشور كوسيلة لتمثيل تضاريس سطح الأرض على الخرائط إلى عام ١٨٩٤ تقريباً وفي هذه الطريقة يتم رسم ارتفاعات سطح الأرض بخطوط قصيرة مستقيمة أو منحنية ترسم على طول المنحدرات وكل خط فيها يتخذ شكلاً معيناً سواء في سمكه أو في طوله (شكل رقم: ٣ ـ ٨) وتظهر هذه الخطوط سميكة ومتقاربة في الجهات الشديدة الانحدار كمناطق الحافات مثلاً بينما تظهر أكثر دقة وطولاً على طول المناطق المعقولة في انحدارها. كما أن كل خط منها يختلف في سمكه تبعاً لطول المنحدر فهو أكثر سمكاً في المناطق المرتفعة ثم يقل سمكه بالتدريج نحو المناطق المنحدرة. أو



(شكل رقم: ٣ ـ ٨): تمثيل المرتفعات بطريقة الهاشور

بمعنى آخر ترسم الخطوط على طول المنحدرات في اتجاه الانحدار وتكون الخطوط سميكة ومتقاربة عند قمم المرتفعات ودقيقة ومتباعدة عن خطوط المرتفعات. وتترك القمم والسهول (أي الأجزاء المستوية) خالية من الخطوط وبهذه الطريقة يمكن تصوير سطح المنطقة بمعرفة الأجزاء الشديدة الانحدار والمناطق الأقل انحداراً والمناطق المستوية كل منها يتميز بمجموعة معينة مختلفة من خطوط الهاشور، إلا أنه لا يمكن في هذه الحالة التفرقة بين المناطق المرتفعة المستوية لسطح (الهضاب) والمناطق المنخفضة السهلية السطح أيضاً ومعرفة مدى ارتفاعها أو مدى انخفاضها، ولذا فإن الأمر يستلزم تعيين نقط مناسيب كثيرة ذات أرقام تدل على المناسيب الخاصة بهذه النقطة بالنسبة لسطح البحر. وعلى الرغم من الدقة النسبية لهذه الطريقة في تمثيل الانحدارات إلا أنها لا تعطي فكرة واضحة عن طبيعة الانحدار أو درجته وإن كانت تميز عادة بين مجموعة الانحدارات الشديدة والانحدارات البسيطة.

(د) طريقة التجسيم:

وتبنى هذه الطريقة على أساس الخداع البصري وتتم إما باستخدام أزواج الصور الجوية المتداخلة فيما بينها بمقدار لا يقل عن ٦٠٪ بحيث توضع الصور الجوية المجاورة لبعضها تحت جهاز الأبصار المجسم «الاستريوسكوب». وبالتالي يمكن للناظر أن يحصل على صورة مجسمة باستخدام هذا الجهاز ومن ثم يمكن التمييز بين المرتفعات والمناطق المنخفضة. كما يمكن تجسيم الظواهر الطبيعية عن طريق رسم خطوط الارتفاعات المتساوية على ألواح من الزجاج الشفاف كل لوح منها خاص بمنسوب أو مستوى معين ثم توضع هذه الألواح فوق بعضها بشكل مرتب ولذلك فالذي ينظر إلى مجموعة الخطوط فوق الألواح الزجاجية يخيل إليه أنه أمام خريطة مجسمة للمنطقة ومن عيوب هذه الطريقة أنه لا يمكن أن تأخذ منها بيانات مباشرة. ولكن إذا تم عمل مجسمات أو خرائط بارزة لتمثيل سطح الأرض فإننا نكون قد اخترنا طريقة من أدق الطرق

لتمثيل البُعد الثالث على الخريطة إذ أن الأبعاد الثلاثة للظواهر الطبيعية يمكن أن تخضع لمقياس رسم واحد، كما يمكن إجراء عمليات القياس المباشر من واقع هذه المجسمات. ولكن هناك صعوبات كثيرة لعمل هذه الخرائط البارزة حيث أنها تتطلب تكلفة كبيرة كما تستهلك وقتاً ومجهوداً كبيراً في إنشائها فضلاً عن أن عملية إنشائها تتطلب مهارة فائقة. كما أنه يعاب على هذه الطريقة أنه إذا نقلنا الصورة الأفقية من الطبيعة على الخريطة تبعاً لمقياس الرسم المعين فنجد أنه من الصعب إظهار وتمثيل البُعد الثالث (الارتفاع) بنفس نسبة مقياس الرسم، ولهذا نضطر إلى المبالغة في تمثيل سطح الأرض على مثل هذه الخرائط وخصوصاً إذا كان مقياس الرسم الأفقي للخريطة محدوداً.

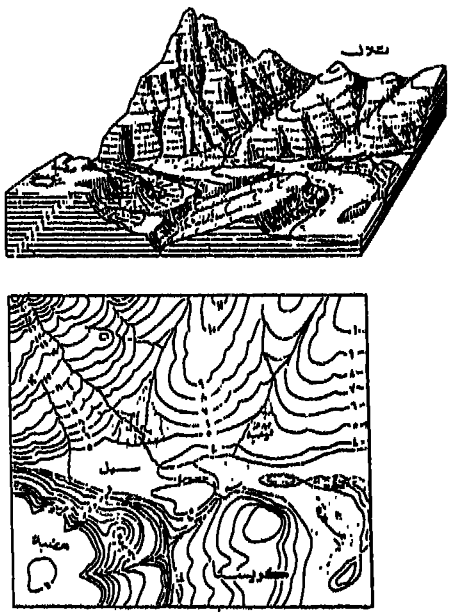
(هـ) طريقة خطوط الارتفاعات المتساوية (خطوط الكنتور):

المقصود بخريطة الارتفاعات المتساوية أو ما يعرف بخطوط الكنتور أنها خطوط رمزية ترسم على الخريطة لتدل على منسوب أو مستوى ارتفاع معين وتمر هذه الخطوط بالنقط التي تتساوى في منسوبها بالنسبة لسطح البحر، وهي في هذه الحالة تشابه إلى حد كبير خطوط الحرارة والضغط المتساوية، ولكنها لا تخضع لمثل ما تخضع إليه هذه الخطوط من تعديلات أو متوسطات، كما أنها لا تتأثر في أشكالها من وقت لآخر تبعاً للظروف الجوية بل تتشكل وتتغير على مر الزمن تبعاً لتعرض سطح الأرض للتغير بين ارتفاع أو انخفاض نتيجة الحركات التي تنتاب القشرة الأرضية وبسبب أي عامل من عوامل التعرية التي تؤثر في تشكل سطح الأرض.

ويمكن عمل خطوط الكنتور ـ كما سبق القول ـ من إجراء عملية ميزانية شبكية دقيقة للمنطقة لتعيين عدة مناسيب للنقط المختلفة من المنطقة المطلوب رفعها وكلما كثرت النقط المعروفة المنسوب كلما ساعد ذلك على رسم الخطوط الكنتورية بكل دقة. وبعد تغطية المنطقة بهذه النقط تبدأ عملية اختيار البُعد أو الفاصل الكنتوري (الفترة الكنتورية) بين خطوط الكنتور وهو الفرق في

المستوى أو المنسوب بين كل خط كنتور وآخر. والذي يجب أن يكون ثابتاً لكل أجزاء المنطقة. وترسم خطوط الكنتور تبعاً للفاصل الكنتوري المختار ونحصل في النهاية على الخريطة الكنتورية للمنطقة (شكل رقم ٤ ـ ٨).

ولما كان كل خط يبين منسوباً معيناً لكل الأماكن التي يمر بها فيجب أن يذكر هذا المنسوب على كل خط، ولأن الخطوط الكنتورية دون معرفة مناسيبها ـ أي كتابة الأرقام التي تدل على هذه المناسب ـ لا تدل على شيء. كما أنه يمكن أن تلون أو تظلل المسافات المحصورة بين كل خط كنتور وآخر يليه بألوان أو ظلال متدرجة، إلا أن طريقة التلوين تعتبر من أفضل الطرق لتمثيل المرتفعات على الخرائط (وهذه الطريقة هي المستخدمة في كل خرائط التضاريس التي توضحها الأطالس العربية والإفرنجية). وإلى جانب المرتفعات توضح المجاري المائية كالأنهار وروافدها وفروعها بخطوط زرقاء متساوية السمك. وقد كانت الأنهار في الخرائط القديمة ترسم بخطوط زرقاء أيضاً،



(شكل رقم: ٤ ـ ٨) التمثيل الكنتوري لمظاهر سطح الأرض.

ولمنها رفيعة ناحية المنبع وسميكة ناحية المصب. أما الأودية الجافة فإنها ترسم بخطوط زرقاء رفيعة ومقطعة. أما الكثبان الرملية فقد توضح بنقط متساوية في مساحتها ومتجاورة. أما المستنقعات فترسم على الخريطة بشرط أفقية يعلو بعضها بعضاً شرط رأسية. وإذا كانت الخريطة الكنتورية لمنطقة تكثر بها الحشائس والغابات فإن الأولى توضح بشرط قصيرة تمثل في مجموعها شكل الهلال وهي متجاورة، بينما توضح الثانية، برمز على شكل أشجار الغابة سواء كانت غابة صنوبرية أو نفضية أو حتى غابات النخيل.

رسم الخريطة الكنتورية من واقع إرصاد للميزانية:

بعد استكمال جميع القياسات في الحقل يبدأ عمل المكتب لإنشاء الخريطة، ويتوقف إظهار الخريطة وإخراجها الإخراج الجيد على مهارة وتمرين الرسام والدقة في نقل القياسات (المسافات والزوايا) والمحافظة على الاصطلاحات الفنية كما هي في الطبيعة والرسم والمهارة في الرسم الدقيق والمتقن والخبرة في التحبير سواء الخطوط المستقيمة أو المنحنية وكيفية استخدام الألوان في إظهار التفاصيل أو استكمال العناصر بالتظليل أو التهشير وخلافه حتى تظهر الخريطة المساحية بكل أمانة في نقل المسقط الأفقي للمنطقة المرفوعة.

وأول خطوة في عملية الرسم للخريطة هي اختيار مقياس الرسم المناسب ويتوقف اختيار مقياس الرسم للخريطة على الغرض الذي من أجله ترسم الخريطة وعلى أبعاد لوحة الرسم. ويلي ذلك مرحلة التوقيع وفيها توقع جميع النقط المساحية التي تشكل رؤوس المثلثات أو نقطة المضلعات وذلك حسب الأرصاد أو البيانات المعطاة. ويتم التوقيع بأن نبدأ بأي واحدة من هذه النقط وإن كان من الأفضل أن تكون نقطة الابتداء عند طرف المنطقة ويتم توقيعها بحيث تسمح بتوقيع النقط الأخرى. أما توقيع باقي النقط المساحية على الخريطة فيتم بتحويل أطوال الشبكة المثلثة إلى مقياس رسم الخريطة أو عن طريق توقيع شبكة إحداثيات يتم إسقاط نقط المثلثات بمعلومية إحداثياتها بالنسبة للشبكة.

ويكون توقيع النقط بقلم رصاص رفيع السن وتحاط كل نقطة إما بمثلث صغير مركزه نقطة المثلثات أو بدائرة صغيرة كما هي الحال في نقط المضلعات. . . كما يكتب بجوار النقطة رقمها أو الرمز الدال عليها. بعد ذلك تبدأ عملية توقيع الحدود أي توقيع أبعاد التحشية التي قيست من الطبيعة وفي النهاية يتم تحبير الخريطة بدقة عالية وعناية فائقة باستعمال النوع الجيد من الحبر الصيني وأدوات التحبير الجيدة. والحبر المستعمل في تحبير الخرائط يفضل دائماً أن يكون الحبر الصيني الأسود. وعند التحبير يجب مراعاة أن يكون قلم التحبير عمودياً تقريباً على الورقة أثناء التحبير مع إمالته خفيفاً، ويلاحظ أن يمشي قلم التحبير على خطوط الرصاص بالضبط حتى يكون الرسم من اليسار إلى اليمين دائماً، كما تحبر المنحنيات والدوائر ثم تحبر بعد ذلك الخطوط المستقيمة لسهولة توصيل الخط المستقيم بالمنحنى عنه بالعكس.

ولإبراز تفاصيل التضاريس للانحدارات المختلفة يستخدم لون واحد بطريقة تدرج الألوان، ولا يمكن اختيار درجات الألوان عن طريق الفاصل الرأسي للخريطة ذاتها ولكننا نجمع ـ مجموعة من الخطوط الكنتورية ـ ونعطيها لوناً واحداً يتدرج من الارتفاع حتى نصل إلى لون داكن جداً فمثلاً إذا استخدمنا اللون البني وهو اللون المستخدم في تمثيل المرتفعات فإن هذا اللون يتدرج مع ارتفاع التضاريس حتى نصل إلى اللون البني الداكن الذي يوضح أعلى ارتفاع في المنطقة، ولكن ربما يتسبب هذا في طمس بعض التفاصيل في المناطق المرتفعة جداً. ولذلك نلجأ إلى استخدام عدة ألوان حتى نتلافى الوصول للون الأصفر الذي يبدأ من الأصفر الفاتح حتى الأصفر الداكن ونبدأ في استخدام اللون البني ونصل بدرجاته اللونية حتى اللون البني الغامق. ويمكننا بعد ذلك إذا كانت المنطقة مرتفعة جداً أن نستعين باللون البنفجسي ثم اللون الأبيض لتعيين قمم الجبال التي تتراكم عليها الثلوج بصفة مستمرة، أما إذا زاد الفارق بين أعلى وأدنى منسوب في الخريطة فيمكن أن نبدأ باللون الأخضر الداكن فالأخضر الفاتح فالأصفر فالبني فالبنفسجي فالأبيض.

ويمكن استخدام التظليل اليدوي في تمثيل تضاريس المنطقة. فبعد رسم الخريطة الكنتورية يمكن رسم تظليلات تتدرج مع تدرج ارتفاع التضاريس. ويمكن أن تتدرج هذه التظليلات ما بين الأبيض حتى اللون الأسود، وقد تستخدم خطوط الهاشور أو طريقة تظليل جوانب المرتفعات كطرق مساعدة لإعطاء الإحساس بمدى تعقد التضاريس.

وتعرف الخرائط التي توضح الشكل الطبيعي لسطح الأرض المتمثل في المرتفعات والمنخفضات والأنهار والوديان والبحيرات والجزر وغير ذلك من مظاهر سطح الأرض التي لا دخل للإنسان في وجودها باسم خرائط التضاريس أو خرائط سطح الأرض. وقد سبق أن شرحنا الطرق المختلفة التي تستخدم لتمثيل سطح الأرض على الخرائط وعرفنا أن طريقة خطوط الكنتور تعتبر أعظم الطرق العلمية التي ابتكرت حتى الآن لتمثيل سطح الأرض. وهي بذلك تعتبر الطريقة التي تستخدم على نطاق واسع بعد نشأة العمليات المساحية وتطور الأجهزة المساحية الدقيقة التي سهلت الحصول على البيانات الخاصة بالارتفاع والموقع. ونشأ عن تعميم استخدام الكنتور في الخرائط الطبوغرافية ذات المقياس الأصغر وهي الخرائط التي تسمى (خرائط التضاريس) والتي كان لاستخدام التلوين المتدرج بين خطوط الكنتور فيها أكبر الأثر في إعطاء فكرة عامة عن شكل التضاريس بإبراز تدرج ارتفاع السطح، وهذا بدوره يساعد على فهم وتفسير تغيرات التضاريس لأي منطقة وهي دليل جغرافيتها الطبيعية التي تساعد بالتالي على تفسير كثير من الحقائق الجغرافية البشرية لهذه المنطقة. وأهم ما يوجه إلى خريطة التضاريس المتمثلة بخطوط الكنتور من تقدير هو أن الخريطة تفتقد الشكل الحقيقي المجسم لسطح الأرض ولكن هذا النقد يتضاءل أمام المزايا العديدة لطريقة الكنتور كأسلوب في تمثيل سطح الأرض.

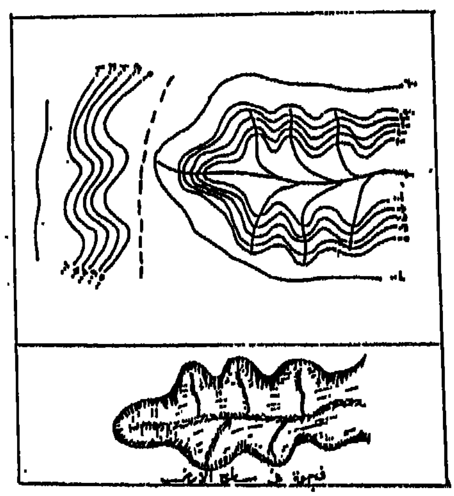
وقراءة الخريطة الكنتورية ـ أو توضيح ما تمثله الخريطة الكنتورية من مظاهر سطح الأرض ـ ليس أمراً سهلاً بل محفوفاً بالمخاطر. ولذا يجب علينا عند تفسير الخريطة الكنتورية أن نتخيل أننا ننظر إلى الخريطة كما لو كنا محلقين

فوقها بطائرة. أي ينبغي أن نتعلم كيف نشاهد مظاهر السطح على الخريطة المجسمة أي بأبعادها الثلاثة. ويتطلب ذلك تمريناً متصلاً وإحساساً حاداً ودراسة دقيقة ومعرفة زائدة وخبرة في التحليل الجغرافي والجيومورفولوجي.

ويبين التحليل الأولي لمظاهر سطح الأرض التي تمثلها خطوط الكنتور أنها تنقسم إلى ثلاثة مظاهر رئيسية هي: الوديان، السهول، المرتفعات (جبال، تلال، هضاب).

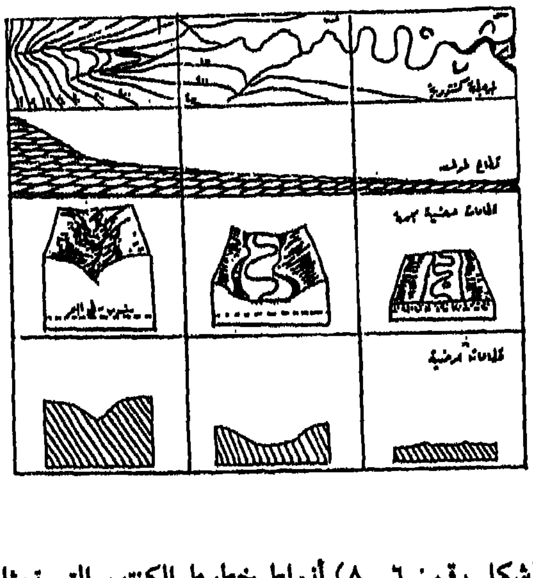
الـوديـان:

تمثل الأودية على الخريطة الكنتورية بخطوط تبدو على شكل منحنيات متراجعة نحو الخلف ـ أي نحو المنابع والأرض الأكثر ارتفاعاً ـ وهي لذلك يطلق عليها بالخطوط الكنتورية المنعكسة، ومن ثم يمكن التعرف على الأودية من اتجاه رؤوس خطوط كنتورها. ويمكن أيضاً بمعرفة استخدام الخطوط الكنتورية أن نميز المجاري النهرية المختلفة التي تقطع المنطقة بل يمكن كذلك معرفة شكل التصريف النهري وتحديد الأودية الجافة والوديان المعلقة، والأودية النهرية تظهر عادة بأن خط كنتور معين وليكن خط ١٠٠ يتداخل في



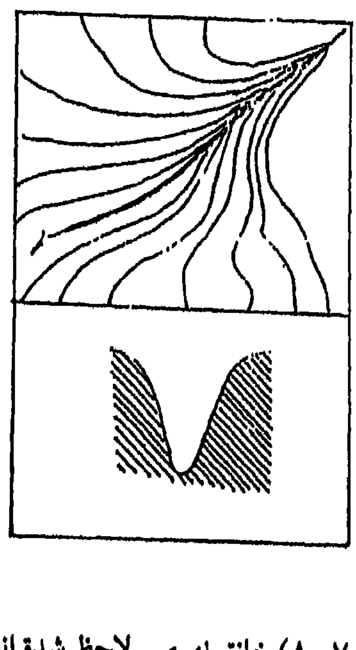
(شكل رقم: ٥ ـ ٨) وادي نهري وروافده كما يظهر على الخريطة الكنتورية.

خطوط كنتور أعلى منه وليكن ٢٠٠، ٣٠٠ وهكذا، وبالتالي يدل هذا الشكل على تكوين فجوة في سطح الأرض وبمعرفة نظام هذه الفجوة قد يتضح أنها وادي نهري سواء أكان عميقاً أو ضحلاً أو خانقياً شديد الانحدار في جوانبه (شكل رقم ٥ ـ ٨)، هذا بعكس الحال في تمييز وتشكيل أراضي ما بين الأودية Interfluves فهي تتميز بأن خطوط الكنتور العليا (خط ٥٠٠ مثلاً) تتداخل في خطوط الكنتور الأقل منها منسوباً. وهذا يدل على أنها مناطق فاصلة بين الأنهار المختلفة، وبالتالي يمكن تحديد مناطق تقسيم المياه Watershed الكبرى والفرعية. والشكل رقم (٦ ـ ٨) يوضح لنا نهر يتميز بشدة انحدار جوانبه التي تقف على شكل حوائط شديدة الانحدار في القسم الأعلى من هذا الوادي والتي تظهر جوانب الوادي بواسطة خطوط الكنتور الشديدة التقارب، وحيث أن خط الكنتور ١٠٠، ٢٠٠ يميز مناطق سهلية (القطاع جـ) متسعة نسبياً محصورة في



(شكل رقم: ٦ ـ ٨) أنماط خطوط الكنتور التي تمثل
وادي نهر وروافده (لاحظ المراحل الثلاث لمجرى النهر)

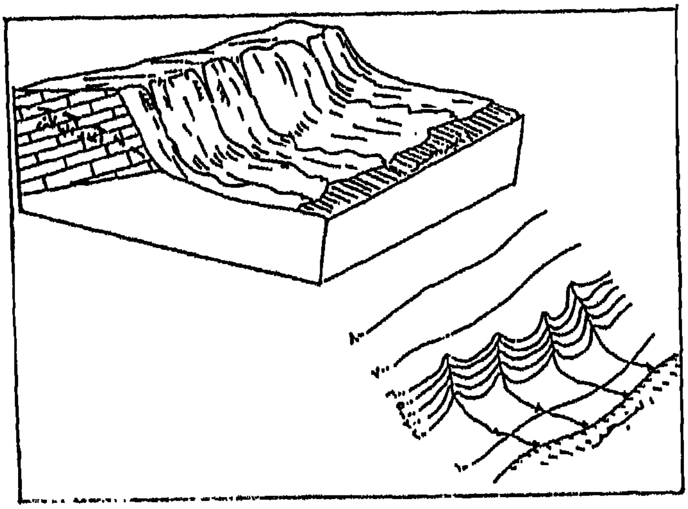
حلقة هذين الخطين يمكن أن نستنتج أن أرضية الوادي متسعة وقد تكون مغطاة بالرواسب النهرية وتمثل جزءاً من السهل الفيضي (وهي الأراضي المرتفعة عن مجرى النهر والتي تغمرها مياه النهر وقت الفيضان) ومن دراسة شكل القطاعات العرضية على هذا الوادي النهري يمكن أيضاً أن نميز الخصائص الجيومورفوجية للنهر سواء أكان في حالة إذا ما امتد على جانبي النهر حوائط شديدة الانحدار وموازية لمجاري النهر فإن الوادي يظهر بالتالي على شكل خانق يختلف ارتفاع جوانبه كما تظهرها خطوط الكنتور المختلفة (شكل رقم ٧ ـ ٨)، وتظهر خطوط الكنتور بعض المسيلات المائية أو الأنهار الجبلية الشديدة الانحدار القصيرة المجرى والتي تنحدر انحداراً سريعاً تبعاً لشدة انحدار الحافات الجبلية البحرية التي تكونت فوقها ومجموعة هذه الأنهار تتكون على طول السواحل الجبلية



(شكل رقم: ٧ ـ ٨) خانق نهري ـ لاحظ شدة انحدار الجوانب.

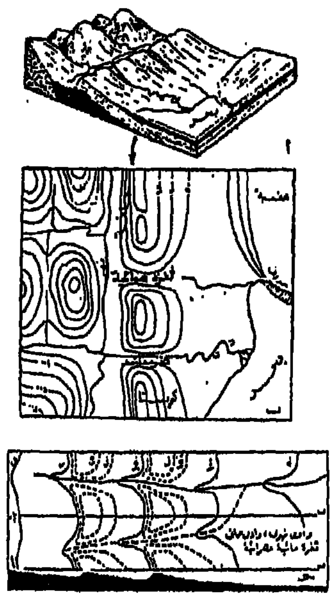
المرتفعة الموازية والقريبة لخط الساحل (شكل رقم ٨ ـ ٨)، أما الوادي الجاف فقد يظنه البعض نتوءاً أو رأساً نهرياً وذلك لأن نمط خطوط الكنتور يكون متشابهاً في الحالتين في أنها كنتورات ناتئة من كنتورات الجهات القليلة الارتفاع (التلال) ويجب في هذه الحالة أن نسترشد بخطوط الكنتور ومنها نتعرف على الوادي الجاف الذي تمثل خطوط كنتور تتراجع نحو الأرض الأكثر ارتفاعاً مثله في ذلك مثل أودية الأنهار الجارية.

كما توضح خطوط الكنتور أيضاً بعض الظاهرات الناتجة عن التعرية النهرية منها مثلاً الخانق الذي يتميز بعظم ارتفاع جوانب الوادي وشدة انحدارها. ويظهر الخانق على الخريطة الكنتورية بالتقارب الشديد لخطوط

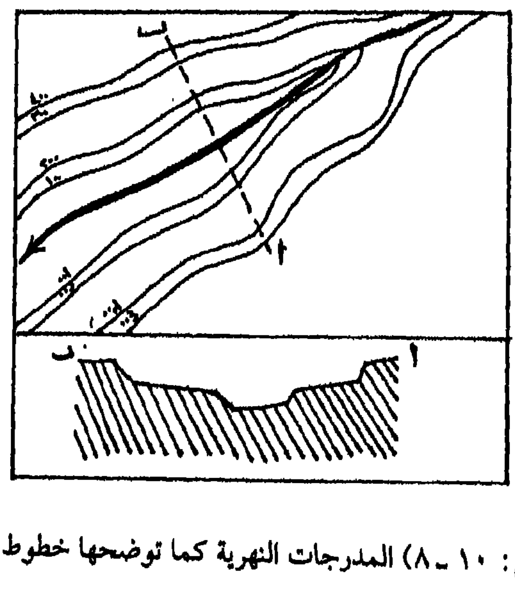


(شكل رقم: ٨ ـ ٨) أنهار جبلية شديدة الانحدار.

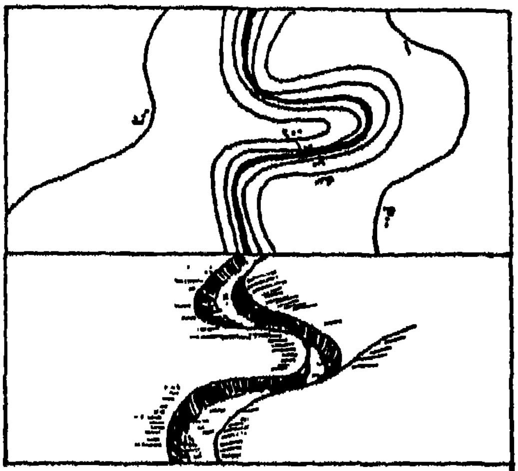
الكنتور على جانبي النهر (شكل رقم ٧ ـ ٨) ويطلق على الخانق النهري اسم Water gap وتميز تلك المناطق من الأودية النهرية المناطق التي حدثت فيها عملية الأسر النهري خاصة على طول مجاري خط الظهور Subsequent، كما قد تميز هذه المناطق بعض المجاري النهرية التي تشق الصخور اللينة أو مناطق



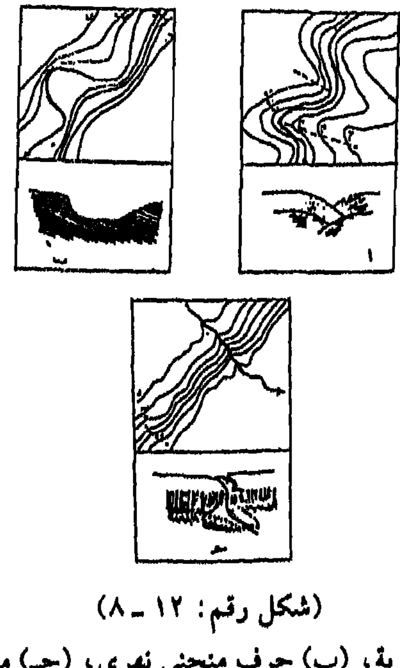
(شكل رقم: ٩ ـ ٨) خطوط كنتور توضح الثغرة الهوائية والمائية ووادي نهري ووادي جاف.



(شكل رقم: ١٠ ـ ٨) المدرجات النهرية كما توضحها خطوط الكنتور.



(شكل رقم: ١١ ـ ٨) المنحنيات (المنعطفات) النهرية.

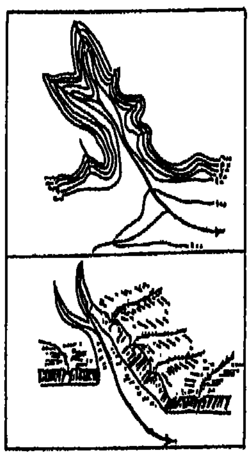


(شكل رقم: ١٢ ـ ٨)

(أ) رؤوس نهرية، (ب) جرف منحنى نهري، (جـ) مروحة فيضية.

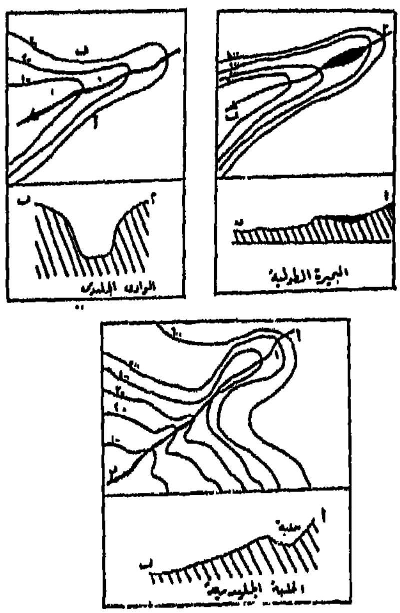
ضعف جيولوجية كامتدادها على طول خطوط الانكسارات والفوالق العظمى.

ويمكن أن نميز بين الخانق النهري (أو الثغرة النهرية) وبين الثغرة الهوائية Wind gap (شكل رقم ٩ ـ ٨)، وتتميز منطقتها بارتفاعها النسبي فوق أعالي الروافد العليا للمجاري النهرية، أو بمعنى آخر تحت أقدام الثغرة الهوائية الضيقة المشتملة على سطح مستو تنساب لمجاري مختلفة قد تكون في اتجاهات متعددة. وهناك ظاهرات أخرى تنتج عن التعرية النهرية مثل المدرجات وفيها تتقارب بعض خطوط الكنتور من بعضها، بينما تبتعد جملة الخطوط المتقاربة عن بعضها (شكل رقم ١٠ ـ ٨)، وكذلك المنعطفات النهرية Meandering والمراوح الفيضية Alluvial Fans (شكل رقم ١١ ـ ٨، ١٢ ـ ٨) ، وبالإضافة إلى هذه المظاهر هناك أيضاً ظاهر الأودية المعلقة Hanging Vallies التي يوضحها الشكل رقم (١٣ ـ ٨). هذه الأودية لم تصل بعد إلى منسوب النهر الرئيسي أو بمعنى آخر لم تنجح في نحتها الرأسي إلى أن تصل إلى المستوى الذي وصل إليه قاع مجرى النهر الرئيسي وتتميز هذه الأودية بأنها تقطع جوانب النهر الرئيسي على شكل فجوات عميقة وقد تسقط المياه فيها بشدة. فإذا كانت الصخور التي تكون جانبي الوادي الرئيسي تتركب من صخور شديدة الصلابة فقد تصب هذه الأودية المعلقة على شكل شلالات شديدة الانحدار عظيمة الارتفاع.



(شكل رقم: ١٣ ـ ٨) الأودية المعلقة.

وتختلف المظاهر الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية الجديدة عن مظاهر التعرية النهرية، وتتميز الأولى على الخرائط الكنتورية بأن شكل الوادي الجليدي يأخذ شكل حرف U، كما تتميز أيضاً المنطقة التي تأثرت بالتعرية الجليدية بوجود البحيرات الطولية Glacial lake، النتوءات المبتورة، الوديان المعلقة، وأخيراً الحلبات الجليدية. والشكل رقم (١٤ ـ ٨، ١٥ ـ ٨) يوضح جميع الظاهرات الجليدية السابقة.

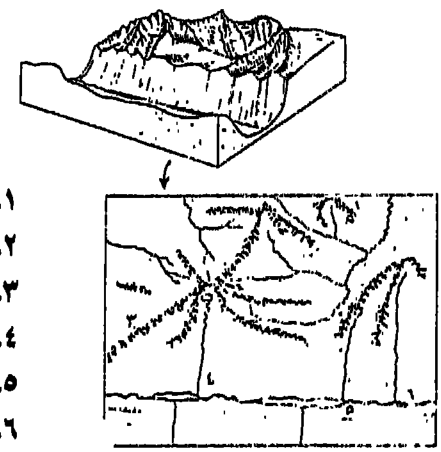


(شكل رقم: ١٤ ـ ٨) الشكل الكنتوري لبعض ظاهرات الوادي الجليدي.

السهـول:

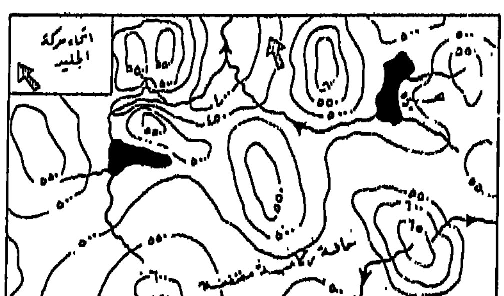
تتميز المناطق السهلية بمنسوبها المنخفض وسطحها الممتد لمسافات كبيرة، أو بمعنى آخر تظهر المناطق السهلية على الخرائط الكنتورية بتباعد خطوط الكنتور كثيراً عن بعضها أو عدم وجود النتوءات فوق مساحات فسيحة

من الأرض. وفي بعض الخرائط نجد أنه في الجهات التي تمثل أكثر الجهات انخفاضاً خطوط للكنتور تقفل على مساحات محدودة الامتداد. وهذه الظاهرة توضح نمط الأحواض المقفلة ذات التصريف الداخلي. ويتكرر هذا النمط كثيراً في الجهات الصحراوية، ولكنه يندر في الجهات المطيرة وإذا وُجد بها فإنه يكون من فعل الجليد. على أنه يمكن بواسطة خطوط الكنتور أن نفرق بين المناطق السهلية ذات المنسوب المعين في مختلف أجزاء الخريطة وبين الهضاب المستوية السطح التي تزيد في الارتفاع (شكل رقم ١٥ ـ ٨).



١ــ الحلبات الجليدية
٢ــ قمة هرمية
٣ــ حافات جبلية
٤ــ وادى معلق
٥ــ بحيرة جليدية
٦ــ ثلاجة أو وادى جليدى

(أ) المظاهر الجليدية فى المناطق المرتفعة

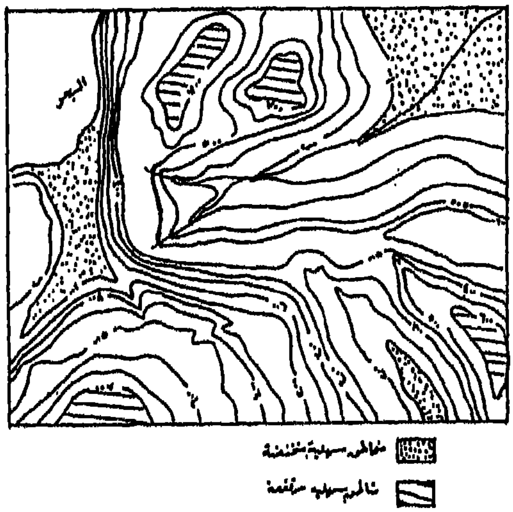


(ب) المظاهر الجليدية فى المناطق المنخفضة

(شكل رقم: ١٥ ـ ٨) مظاهر الأودية الجليدية.

المرتفعات (التلال، الجبال، الهضاب):

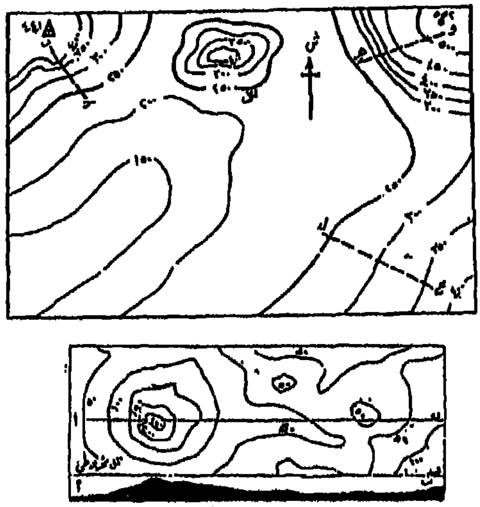
يمكن عند استخدام خطوط الكنتور أن ندرك مزايا وطبيعة المناطق المرتفعة والهضبية من حيث مناسيبها المختلفة بالنسبة لمستوى سطح البحر، وأشكال السطح التي تميز هذه المناطق دون الرجوع إلى الحقل، وذلك عن طريق معرفة مزايا خطوط الكنتور من حيث تقارب أو تباعد المسافات الأفقية بين كل خط كنتور وآخر.



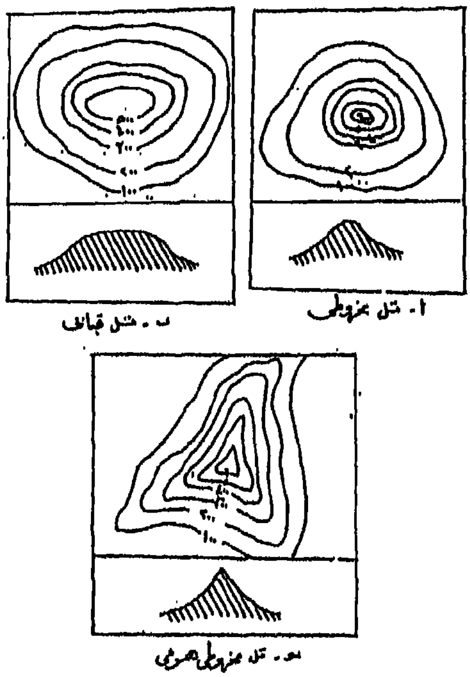
(شكل رقم: ١٦ ـ ٨) المناطق السهلية (المنخفضة والمرتفعة)
كما تظهر على الخرائط الكنتورية.

فمثلاً تظهر التلال المنعزلة أو الانفرادية على الخريطة الكنتورية في شكل حلقات متصلة فوق أرضية المناطق السهلية، هذه الحلقات تختلف في مناسيبها، كما تختلف في مدى تقارب أو تباعد خطوط الكنتور، الذي يدل بدوره على شكل الانحدار ودرجته (شكل رقم ١٧ ـ ٨)، ويمكن أن تقسم التلال أو الجبال الانفرادية إلى ثلاثة أنواع هي:

١ ـ التلال أو الجبال المخروطية.



(شكل رقم: ١٧ ـ ٨) التلال المنعزلة والانفرادية على الخرائط الكنتورية.



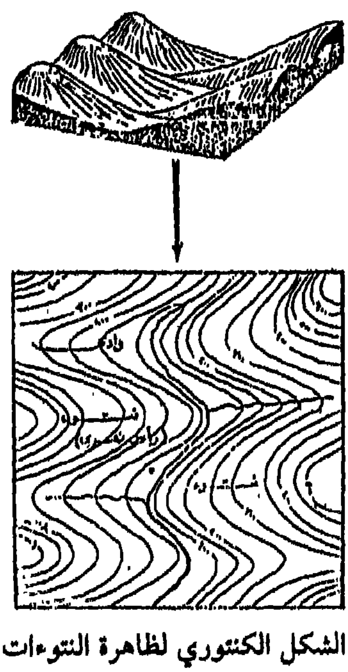
(شكل رقم: ١٨ ـ ٨) الشكل الكنتوري للتلال.

٢ ـ التلال أو الجبال المخروطية الهرمية.

٣ ـ التلال أو الجبال القبابية.

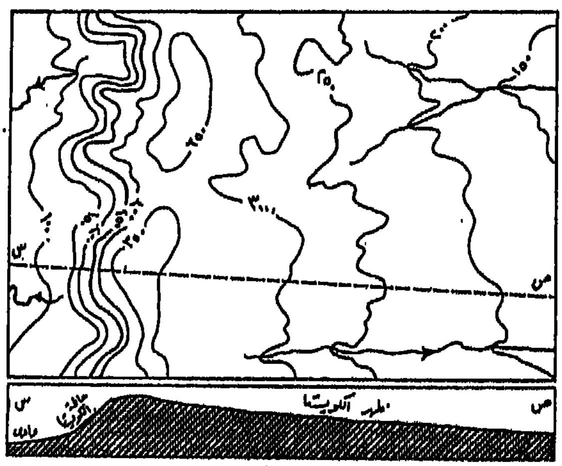
ويوضح الشكل رقم (١٨ ـ ٨) أشكال خطوط الكنتور التي تمثل أشكال التلال أو الجبال الثلاثة السابقة. فالتل المخروطي الشكل يتميز بشدة انحدار جوانبه، أما قمته فهي محدودة المساحة والامتداد. كما تتقارب كنتوراته المقفلة عند القمة وتتباعد كلما اتجهنا إلى أسفل التل. أما التل المخروطي الهرمي فإنه يتميز بظاهرة البروز الجبلية الشديدة الانحدار والناتجة عن شدة انحدار الجوانب. أما التل القبابي فيتميز بأن أعاليه عبارة عن منطقة سهلية واسعة الامتداد نسبياً ومستوية السطح يمثلها خط كنتور مقفل وكنتوراته الأخرى تتباعد نسبياً عن قمته وتتقارب كلما اتجهنا إلى أسفل التل. وهناك أشكال تلالية بسيطة مثل النتوء، أو الرأس النهرية والنتوء أو الرأس البحري، وهذه تمثلها كنتورات ناتئة من كنتورات التلال (شكل رقم ١٩ ـ ٨).

أما الخريطة (شكل رقم ١٢ ـ ٨، ٢٣ ـ ٨) فتمثل عدداً من ظاهرات سطح



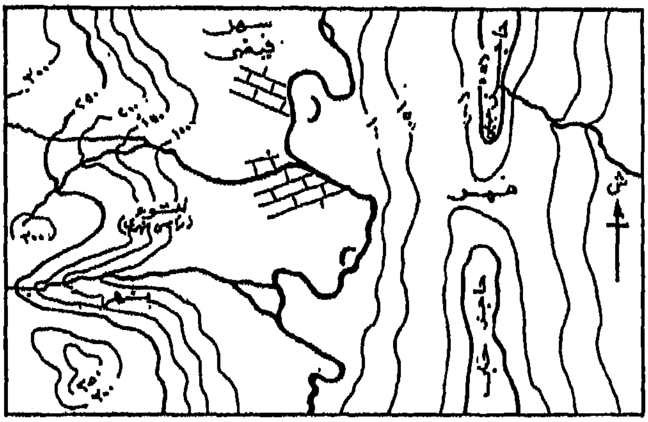
(شكل رقم: ١٩ ـ ٨) الشكل الكنتوري لظاهرة النتوءات (الرؤوس النهرية).

الأرض المختلفة والمتمثلة في ظاهرات الحافات، الحواجز الجبلية والهضاب، فمثلاً نميز الحافات بشدة انحدارها. على ذلك يمكن التعرف عليها في الخريطة الكنتورية عندما تتقارب المسافات الأفقية بين خطوط الكنتور. وطبيعة هذا التقارب تعين الامتداد التقريبي للحافات. وقد تكون هذه الحافات حافات جبلية ولا تمثل ظاهرة الكويستا Questa المعروفة ففي هذه الحالة نجد أن خطوط الكنتور تتقارب بشدة في منطقة الحافة الجبلية ولكن تكون مناسيب الأرض في الارتفاع حتى المنطقة الواقعة خلف هذه الحافة، أو بمعنى آخر أن طبيعة سطح الأرض لا تتوافق عادة مع امتداد ميل الطبقات أما إذا كان هناك توافق بين سطح الأرض خلف الحافات الجبلية وبين امتداد ميل الطبقات فقد يمثل انحدار سطح الأرض الميل الحقيقي لميل الطبقات Dip-slope وفي هذه الحالة تكون الحافة جزءاً من ظاهرة الكويستا (شكل رقم ٢٠ ـ ٨ ـ) وحيث تتميز هذه الظاهرة بأنه يصاحبها دائماً نوعاً معيناً من التصريف النهري المتشابك، إذاً فغالباً ما يميز هذه الظاهرة على الخريطة الكنتورية بأن حافتها بارزة قائمة على شكل حوائط أو جدران عالية تمثل جوانب الأنهار التي تتبع خط الظهور Subsequent streams.



(شكل رقم: ٢٠ ـ ٨) الشكل الكنتوري لظاهرة الكويستا.

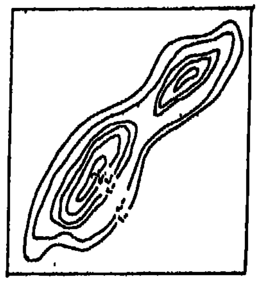
ويمكن تمييز الحواجز الجبلية Ridges على الخريطة الكنتوية حيث أنها تظهر على شكل أشرطة مستوية السطح وتميزها جوانب شديدة الانحدار (شكل رقم ٢١ ـ ٨). وقد نجد أن الحواجز الجبلية تتقطع إما فيما بين الأودية الجبلية أو القطاعات المختلفة خاصة في المناطق المتعاقبة فيها صخور صلبة ولينة. وقد يتأخر الامتداد الطولي للحاجز الجبلي تبعاً لطبيعة التركيب الصخري للمنطقة،



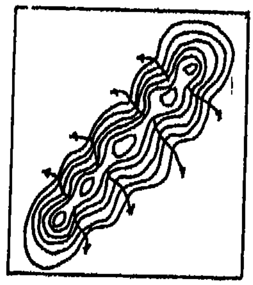
(شكل رقم: ٢١ ـ ٨) الشكل الكنتوري للحواجز الجبلية.

أما الامتداد العرضي فقد يشكله كل من التركيب الصخري ومقدار التعرية النهرية على جانبي الحاجز. فإذا كانت هذه التعرية محدودة وأن الأودية الجبلية ونشاطها أيضاً محدود، فقد يتميز عرض الحاجز باتساعه نسبياً، أما إذا كانت الأودية الجبلية شديدة النحت والتعرية فعادة تضيق الأبعاد العرضية لهذا الحاجز. وفي الحالة الأخيرة عندما يضيق عرض الحاجز الجبلي ويقل امتداده الطولي فقد يكون ذلك أيضاً بسبب الحركات التكوينية أو إلى تكوين مثل هذه الحواجز وامتدادها على خطوط انكسارات. هذا وبمرور الوقت فقد يتعرض الحاجز الجبلي إلى التجزء بفعل التعرية النهرية وبالتالي يظهر الحاجز على شكل

تلال قبابية منعزلة فيفصل بينها أودية نهرية ولكن هذه التلال تكون في العادة على امتداد واحـد تقريباً (شكل رقم ٢٢ ـ ٨).



(أ) حاجز جبلي تعرض للتعرية النهرية وتركته على
شكل تلال منعزلة بينها ممر

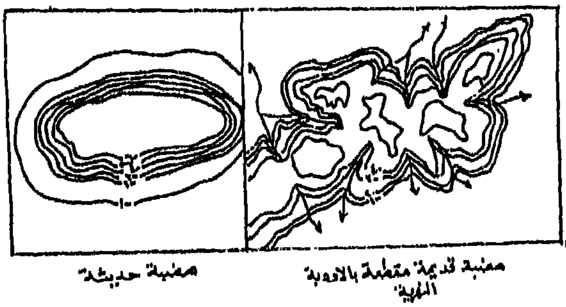


ب ـ حاجز جبلي تعرض للتعرية النهرية الشديدة
والأودية الجبلية السريعة الجريان

(شكل رقم: ٢٢ ـ ٨) أثر التعرية النهرية على الحواجز الجبلية.

وباستخدام الخطوط الكنتورية أيضاً يمكن أن نميز المناطق الهضبية. هذه المناطق تظهر على الخريطة الكنتورية على شكل تلال مستوية السطح عظيمة الامتداد (شكل رقم ٢٢ ـ ٨) . ولكن يحد جوانبها حافات جبلية شديدة الانحدار، هذه الحافات تتميز بتقارب خطوط الكنتور. ويمكن معرفة ارتفاع حافات الهضاب تبعاً لمنسوب خط الكنتور الذي يحدد قاعدة الهضبة وخط الكنتور الأعلى الذي يمثل الحواف الجبلية الحدية العليا للهضبة. وغالباً ما تنشأ

المناطق الهضبية فوق طبقات من صخور صلبة أفقية، ويمكن إدراك سمك هذه الطبقات تبعاً لمقدار عدد خطوط الكنتور أو البعد الذي تمثل خطوط الكنتور على الخريطة. وبطبيعة الحال فقد تتعرض هذه الهضاب للتعرية النهرية التي تعمل بدورها على تمزيق المناطق وتقسيمها إلى هضاب أصغر وأصغر، كما يظهر في الشكل رقم (٢٤ ـ ٨). ويطلق على المنطقة على سطح الهضبة التي تنصرف مياهها إلى الأودية النهرية بمقسم المياه Watershed أو خطوط تقسيم المياه.



(شكل رقم: ٢٣ ـ ٨) الشكل الكنتوري للهضاب التي تعرضت للتعرية النهرية.



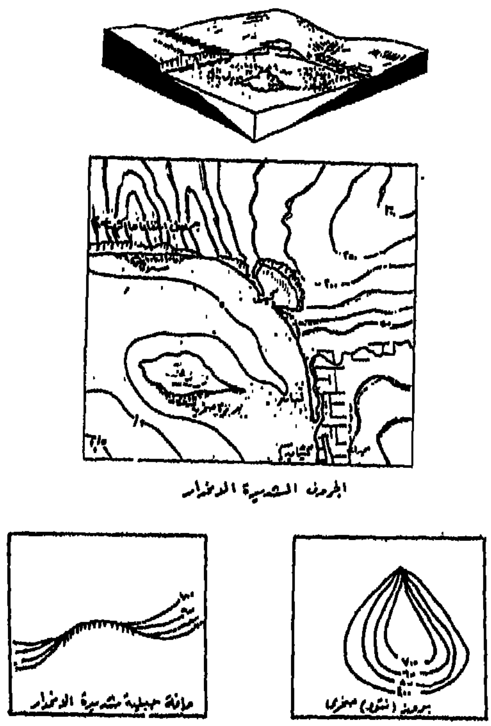
(شكل رقم: ٢٤ ـ ٨) موقع خط تقسيم المياه في الطبيعة وعلى الخريطة.

من كل ما سبق يمكن أن نميز بين الحواجز الجبلية الشديدة الانحدار التي تتميز بتقارب المسافات الأفقية لخطوط كنتوراتها، بينما المناطق السهلية المنخفضة التي قد تكون أرضية الوادي أو السهل الفيضي (شكل رقم ٢١ ـ ٨) Flood plain والمناطق السهلية الأخرى في المناطق المرتفعة أو أعالي الحواجز الجبلية كلها تتميز بتباعد المسافات الأفقية لخطوط كنتوراتها. ويمكن أن تضاف بعض خطوط الكنتور في المناطق السهلية المنخفضة العظيمة الامتداد. أما في المناطق الجبلية المرتفعة فقد تحذف بعض خطوط الكنتور عند الرسم حيث يكون من الصعب وضعها على الخريطة الكنتورية وحتى لا تزدحم الخريطة بالخطوط وبالتالي يكون من الصعب تمييز الحافات الجبلية الشديدة الانحدار أو العظيمة الارتفاع. ويمكن التغلب على هذه الصعوبات باستخدام الهاشور بجانب الخطوط الكنتورية وبالتالي فقد تتميز الحافات الجبلية بأن أعاليها يحددها الخط العلوي ذو المنسوب الأكبر من خطوط الكنتور واستخدام الهاشور في تمييزها (شكل رقم ٢٣ ـ ٨) أما إذا كانت المنطقة تمثل بروزاً جبلية صخرية كما في شكل رقم (٢٥ ـ ٨). وحيث أننا نعرف جيداً أن كل خط كنتور هو الخط الذي تتساوى عليه مناسيب سطح الأرض فإن معنى التقاء خطوط الكنتور في منطقة يعني أن المنطقة تساوت في مناسيبها على الرغم من اختلاف ارتفاع قاعدتها وقمتها.

٢ ـ الرموز والاصطلاحات التي توضح المعالم البشرية:

(أ) المدن والقرى: وتوضح برموز مختلفة على حسب أهمية المدينة فقد تبين المدينة في شكل دائرة في داخلها نقطة، أو في شكل دائرة سوداء، أو في شكل مربع أو مستطيل، أما القرى فتوضح برسم يتفق مع شكل حدودها وامتدادها، وذلك في الخرائط ذات المقياس الكبير، وإذا فتحت الأطلس على خريطة سياسية لقارة أو لدولة مثلاً، ستجد أن المدن بها توضح على حسب أهميتها، فمثلاً في خريطة قارة أفريقية السياسية تتمثل المدن الرئيسية (مدن

العواصم) على شكل دائرة مفرغة بداخلها نقطة سوداء، أما المدن الأخرى فتتمثل بدوائر سوداء فقط.



(شكل رقم ١١-٥) أشكال خطوط الكنتور الممثلة للجروف والحافات الجبلية الشديدة الانحدار، والبروز الجبلي.

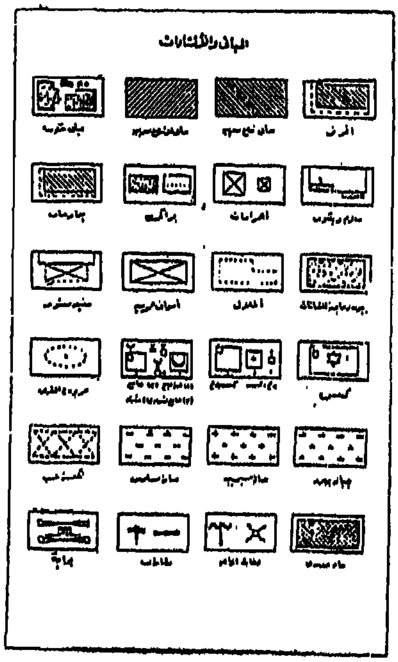
(شكل رقم: ٢٥ ـ ٨) أشكال خطوط الكنتور الممثلة للجروف والحافات الجبلية الشديدة الانحدار، والبروز الجبلي.

ويمكن تمثيل المدن على حسب عدد سكانها ـ في الخرائط الكبيرة المقياس ـ بحيث يكون لكل مدينة رمز خاص (وليكن دائرة أو مربع أو مستطيل) يتناسب في مساحته مع عدد السكان، وعلى ذلك سيتفاوت كل رمز في مساحته على حسب عدد السكان الذي تتكون منه المدينة.

(ب) المباني: تنقسم المباني وخاصة في الخرائط ذات مقياس الرسم الكبير إلى مباني أهلية وأخرى حكومية، فالمباني الأهلية يرمز لها برمز يوضح شكل المبنى ويلون باللون الأسود أو الأصفر أو يظلل من الداخل.

أما المباني الحكومية مثل المطارات والفنارات، والمحطات اللاسلكية ومكاتب البريد والتلغراف والأسواق والاستراحات الحكومية، فلكل منها رمز خاص يوضحها (شكل رقم ٢٦ ـ ٨).

أما المقابر فلها رموز تميزها عن بعضها فمقابر المسلمين ترسم على الخرائط على شكل مستطيل بداخله شرط، أما المقابر المسيحية فيرمز لها بمستطيل بداخله صليب أو أكثر.

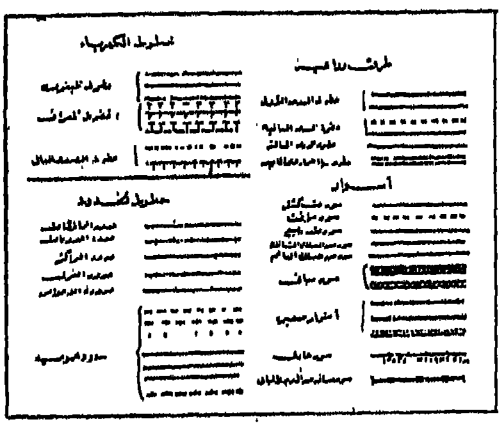


(شكل رقم: ٢٦ ـ ٨) رموز المباني الحكومية والمباني العامة.

(جـ) الترع والمصارف والجسور والكباري والقناطر: تتمثل الترع في الخرائط ذات المقياس المتوسط بخط أزرق رفيع والمصارف بخط أزرق ثقيل.

وفي الخرائط ذات المقياس الكبير ترسم الترع والمصارف بخطين متوازيين بينهما مسافة تمثل اتساع الترع أو المصرف، ويتناسب هذا الاتساع مع مقياس رسم الخريطة، أما الجسور فترسم على شكل صفين متوازيين من شرط رأسية قصيرة، وتتمثل الكباري في شكل خطين متوازيين صغيرين يقطعان استمرار الترع والمصارف، ولا يظهر هذا الرمز إلا في الخرائط الكبيرة، أما القناطر فيرمز لها بخط سميك أسود يقطع امتداد الترع والمصارف أو مجاري الأنهار وفروعها.

(د) الطرق بأنواعها المختلفة: ويرمز لها في الخرائط عموماً بخطوط حمراء فترسم الطرق الرئيسية وهي الطرق المرصوفة بخطوط حمراء سميكة، والطرق الثانوية ـ وهي طرق معبدة وليست مرصوفة ـ فترسم على شكل خطين رفيعين متوازيين أو خطوط حمراء متقطعة في خرائط القارات، أما الطرق الصحراوية فترسم بخطوط حمراء متقطعة في خرائط الدول فقط (شكل رقم ٢٧ ـ ٨).

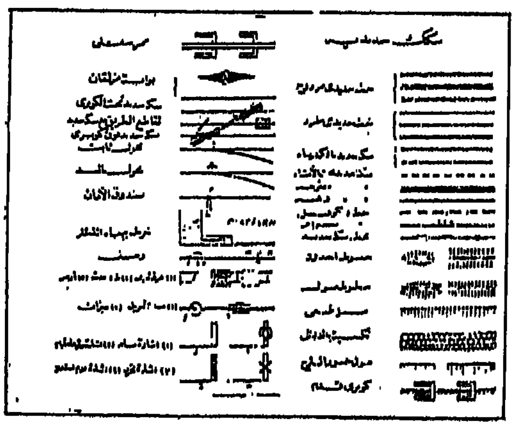


(شكل رقم: ٢٧ ـ ٨) رموز مصطلحات الطرق بأنواعها والحدود الإدارية.

(هـ) السكك الحديدية: وتوضحها خطوط سوداء سميكة أو خطان متوازيان تتناسب المسافة بينهما مع مقياس رسم الخريطة وتقطع هذه المسافة بواسطة شرطة سوداء سميكة كما ترسم السكك الحديدية بواسطة خطوط رفيعة عليها شرط رفيعة رأسية ومسننة (شكل رقم ٢٨ ـ ٨) ، أما السكك الحديدية ذات المقياس الضيق فتظهر بخط أسود رفيع ودقيق.

(و) الحدود: ترسم الحدود السياسية بين الدول المختلفة بخطوط سوداء متقطعة بينها نقط، وتمر عليها باللون الأحمر، أما الحدود التي تفصل المحافظات وتسمى الحدود الإدارية فترسم على شكل خطوط مقطعة فقط وقد يمر عليها كذلك باللون الأحمر وذلك بالنسبة للخرائط العامة الصغيرة المقياس، أما في الخرائط التفصيلية ذات المقياس الكبير فإن الحدود بين المحافظات تكون عبارة عن خطوط مقطعة بينها نقط.

وترسم الحدود بين المراكز أو الأقسام التي تتكون منها المحافظات على شكل خطوط مقطعة، أما بين النواحي والقرى التي يتكون منها المركز أو القسم فإنها ترسم على شكل نقط (شكل رقم ٢٧ ـ ٨).



(شكل رقم: ٢٨ ـ ٨) رموز ومصطلحات السكك الحديدية المستخدمة في رسم الخرائط الطبوغرافية.

الفصـل التاسـع
الإخراج الفني للخريطة

لما كانت أنواع واستخدامات الخرائط تتعدد بشكل عظيم، فنجد أن فئات ومراتب الأنواع المختلفة من الرسوم الفنية والأساليب التقنية التي ينبغي على الكارتوجرافي أن يستخدمها تتدرج من العمليات البسيطة كرسم الخطوط المستقيمة إلى الأساليب الفنية الأكثر تقدماً مثل تطبيق طرق التلوين أو التظليل على الخريطة. وتعد عملية الرسم الفعلي للخريطة أو أساليب الرسم Drafting techniques جزءاً مهماً من المجهود الفني الداخل في صناعة الخريطة والذي اصطلح على تسميته «بالأسلوب الكارتوجرافي».

ولكي نحيط بكل الأساليب الممكنة التي قد يواجهها صانع الخريطة ومستخدميها، ينبغي أن نتعرف على البيانات والمعرومات التي تتطلبها عملية رسم الخريطة، كما ينبغي أن نتعرف على الطرق الفنية الأساسية التي تحتاجها هذه العملية. ومن ثم تشتمل عملية الإخراج الفني أو صناعة الخريطة على عدة مراحل هي: أولاً: مرحلة إعداد أصل ومادة الخريطة، ثانياً: مرحلة توقيع التفاصيل أو تجهيز الخريطة، ثالثاً: تلوين الخريطة أو تظليلها في حالة طباعتها، رابعاً: تحبير الخريطة، ويشمل كتابة أسماء ومعالم الظاهرات وتحبير ملحقات الخريطة.

أولاً ـ إعداد أصل ومادة الخريطة:

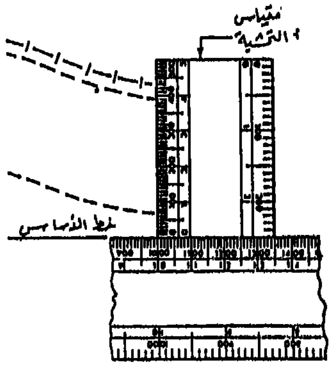
تعد هذه المرحلة أولى مراحل تجهيز الخريطة، والغرض منها هو حصر جميع البيانات والمعلومات الأساسية اللازمة للخريطة. وتتباين هذه البيانات

والمعلومات الأساسية حسب الغرض الذي من أجله تنشأ الخريطة، فخرائط التضاريس تتطلب بيانات تختلف عما تتطلبه خرائط المناخ وكلها تختلف في البيانات عما تتطلبه الخرائط الاقتصادية أو غيرها. ويعتمد في إعداد أصل الخريطة على الأطالس إذ الهدف من الخريطة النهائية هو مجرد الإيضاح أو استنتاج المعلومات العامة وذلك لما نعرفه عن صغر مقياس رسم الخرائط الأطلسية التي تمثل مساحة كبيرة من سطح الأرض كقارة مثلاً على لوحة صغيرة المساحة من الورق. أما إذا كان الهدف من رسم الخريطة هو بيان الخصائص الدقيقة للظاهرات الجغرافية فإنه ينبغي أن نرجع إلى الخرائط الكبيرة المقياس مثل الخرائط الطبوغرافية التي ترسم بدقة فائقة، ويمثل عليها كل ما على سطح الأرض من ظاهرات طبيعية أو بشرية برموز وعلامات اصطلاحية خاصة تتناسب مع مقياس رسم الخريطة الطبوغرافية. ولكي يعد أصل الخريطة من أحد المصدرين السابقين (الأطلس، والخرائط الطبوغرافية)، إما أن ترسم الخريطة بنفس المقياس أو تكبر الخريطة أو تصغر إلى المساحة المطلوبة.

أما إعداد مادة الخريطة فيعتمد أساساً على الغرض الذي يتم من أجله إنشاء الخريطة، كما أن عرض مادة الخريطة يتوقف على مقياس الرسم. فالخريطة كما عرفنا تخدم أهدافاً مختلفة تتباين بتباين الغرض، فقد تكون خريطة مناخية تمثل توزيع أحد العوامل المناخية، أو توزيع أحد عناصر المناخ كدرجة الحرارة أو الضغط الجوي أو المطر أو الرياح، أو تكون خريطة تضاريسية توضح مظاهر السطح من ارتفاعات وانخفاضات ووديان وسهول. كما تختلف الرموز والعلامات الاصطلاحية على الخرائط باختلاف مقياس الرسم المستخدم، فرموز الخريطة الأطلسية ذات المقياس الصغير تختلف عن رموز الخريطة الطبوغرافية ذات المقياس المتوسط، وكلاهما تختلف عليه الرموز عن رموز الخرائط التفصيلية ذات المقياس الكبير.

ثانياً ـ رسم وتوقيع التفاصيل

بعد رسم المسقط المطلوب ترسم خطوط السواحل للبحار والمحيطات بمنتهى الدقة، ثم ترسم مجاري الأنهار والبحيرات داخل القارات على المسقط وذلك إذا كانت الخريطة المرسومة ذات مقياس رسم صغير. ولكن إذا كنا نشرع في رسم خريطة لمنطقة بمقياس رسم كبير فإننا نبدأ برسم هيكل المنطقة مع بيان مواضع المواقع برسم دوائر عليها وتوقع على الخريطة الأبعاد والمناسيب والإحداثيات المأخوذة أثناء عملية المساحة، ولهذا الغرض تستخدم مسطرة تسمى (مسطرة التحشية) أو (مسطرة الإحداثيات) وهي عبارة عن مقياس صغير من الخشب طوله ٥ سنتيمتر مقسم إلى ملليمترات أو أنصافها، وبعض المساطر يدرج على حافتها مقياس رسم من المقاييس الشائعة الاستخدام أي مدرج بالأمتار حسب مقاييس مختلف مثل ١ : ٥٠٠، ١ : ١٠٠٠، ١ : ٢٥٠٠٠ وتنزلق على حافتها مسطرة منطبقة على الخط المراد رسم التفاصيل عليه (شكل رقم ١ ـ ٩). ولرسم التفاصيل تطبق المسطرة العادية على خط القياس بحيث ينطبق صفرها على أول الخط ثم توضع مسطرة التحشية مماسة له. ثم توصل النقط أثناء الرسم بعضها ببعض لإظهار حدود المنطقة والتفاصيل المطلوبة، وتتم عملية توقيع التفاصيل بالقلم الرصاص مع تفادي كثرة المسح الذي يؤثر على سطح ورقة الرسم وبالتالي يؤثر على درجة الجودة في التحبير والتلوين.



(شكل رقم: ١ ـ ٩) مسطرة الإحداثيات لتوقيع التفاصيل.

وبعد إتمام عملية توقيع التفاصيل يجب تعيين الموقع الجغرافي للخريطة وذلك عن طريق تعيين انحراف أحد الخطوط على الخريطة عند خط الشمال المغناطيسي ويعد ذلك أمراً ضرورياً فقط في الخرائط غير الموجه للشمال الجغرافي وحيث لا تكون خطوط الطول والعرض مرسومة بها. على أنه يلاحظ في معظم المساقط أن الاتجاه الشمالي يتغير على الخريطة من مكان لآخر (فيما عدا الخريطة المرسومة بمسقط ميركيتور) ولهذا يكون من المفيد رسم اتجاه الشمال بها.

وفي الخرائط ذات المقياس الكبير يبين اتجاه الشمال بواسطة خط ينتهي برأس سهم في نهايته المتجه نحو الشمال ويرسم في وسطه وردة بوصلة لبيان الجهات الجغرافية الأصلية والفرعية أو قد يبين الاتجاه الشمالي بواسطة خط في نهايته المتجه نحو الشمال بنجم. وفي خرائط كثيرة يبين اتجاه الشمال المغناطيسي بواسطة نصف سهم مع اتجاه الشمال الجغرافي ويبين على هذه الخريطة زاوية الاختلاف المغناطيسي مع بيان سنة رصد هذه الدرجة للمكان المرسوم له الخريطة.

ثالثاً ـ التلوين والتظليل

عند تلوين الخرائط تستخدم الألوان المائية في تغطية مساحات بألوان اصطلاحية خاصة وذلك إذا اقتضى الأمر توضيح بعض الظاهرات حتى يسهل فهمها. وتمتاز الألوان المائية بأنها شفافة ولا تؤثر على الظاهرات المحبرة على الخريطة من قبل، بعكس الألوان الزيتية التي تحتاج إلى جهد كبير في عملية تركيبها والتلوين بها، كما أنها تخفي الرموز والعلامات تحتها إذا كانت مرسومة قبل التلوين، بالإضافة إلى أن الخريطة التي تلون بها تبقى عدة أيام مثبتة حتى تجف الألوان بها جفافاً تاماً.

ويجب أن نتأكد قبل التلوين بالألوان المائية من أن الخريطة مرسومة على ورق متين ومقوى صالح للتلوين عليه، كما ينبغي أيضاً التأكد من أن الحبر

المستخدم في رسم الخريطة من النوع الذي لا يتأثر بالماء ومن صنف جيد (حبر صيني).

وهناك خطوات تتبع في تلوين الخرائط يمكن تلخيصها فيما يلي:

١ ـ بعد الانتهاء من تحبير الخريطة بظاهراتها المختلفة وملحقاتها المتنوعة، تنظف بفرشة ناعمة أو قطعة نظيفة من القماش، ثم توضع الخريطة بعد ذلك على لوحة مستوية من الخشب.

٢ ـ تؤخذ قطعة من الاسفنج النظيف الناعم وتغمر بالمياه ثم تمسح بها الخريطة في اتجاه واحد حتى تبتل جيداً فتتمدد ورقة الخريطة نتيجة لذلك، ثم يبدأ في لصقها من جميع الجهات بورق مصمغ لاصق متين، وذلك حتى لا تتقلص الخريطة عندما تنكمش بسبب جفافها، وتصبح الورقة المرسوم عليها الخريطة مشدودة نتيجة لهذا الانكماش، ومستعدة لاستقبال الألوان عليها دون أن تنبعج أو تتقلص الأجزاء الملونة عن باقي أجزاء الخريطة غير الملونة.

٣ ـ تكون ألواناً كافية لتلوين الخريطة عن طريق إذابتها في المياه، ثم ينتظر قليلاً حتى يترسب ما بالألوان من رواسب ومواد عالقة. ثم تنقل الألوان بعد ذلك في زجاجات نظيفة حتى تبقى دائماً في حالة صفاء ونقاء. ويجب أن تكون هذه الألوان خفيفة كلما أمكن ذلك حتى تتمكن من إظهار درجات كثيرة للون الواحد.

٤ ـ بعد التأكد من جفاف الخريطة تماماً، أجعل اللوحة الخشبية في وضع مائل (شكل رقم ٢ ـ ٩) ثم ابدأ في التلوين وذلك في المناطق التي ستلون بلون واحد بجميع درجاته، ويكون التلوين من أعلى حدود اللون إلى أسفله.

٥ ـ يجب ملاحظة عدم جفاف نهاية اللون أثناء التلوين، واجعله دائماً في حالة سائلة حتى يصل إلى حدود اللون بحرية عن طريق ملء الفرشة المستخدمة في التلوين باللون جيداً، ثم يجمع اللون الزائد بنشافة أو بفرشة أخرى جافة ونظيفة.



(شكل رقم: ٢ ـ ٩) الوضع الأمثل للوحة الرسم عند تلوين الخريطة.

٦ ـ تترك الخريطة حتى تجف باللون الذي تركته عليها، وذلك بتعرضها لأشعة الشمس، وبعد التأكد من جفافها يعتبر هذا اللون بمثابة الدرجة الأولى منه، ثم يبدأ في تلوين الخريطة مرة ثانية باستثناء المنطقة التي لونت من قبل.

٧ ـ تلون درجات اللون الباقية بنفس الطريقة، بحيث كلما بدأ التلوين تترك المسافة التي لونتها من قبل، حتى تنتهي من تلوين الخريطة جميعها، مع مراعاة عدم التلوين قبل أن يجف اللون السابق تماماً.

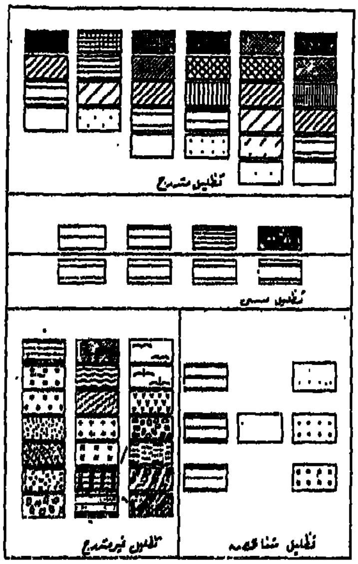
٨ ـ يجب أن تكون سريعاً ـ مع الدقة ـ في التلوين، ولا تغير من ميل اللوحة التي وضعت عليها الخريطة قبل أن يجب اللون نهائياً، إذ ربما يرجع اللون في اتجاه مضاد للخلف. إذا حركت اللوحة ولو حركة بسيطة، ويصبح من الصعب جداً تصحيح هذا الخطأ وخاصة مع الألوان المائية. كما لا تضف أي كيمة أخرى من اللون إلى اللون السابق تكوينه أو تقليبه كثيراً فإن ذلك يعكر صفاءه ويسبب عدم توزيع اللون بانسجام، ويجب مراعاة تنظيف فرش الألوان بعد الاستعمال مباشرة إذ أن هناك بعض الألوان التي تعمل على تآكل شعر الفرش تدريجياً.

وبعد هذا وذاك يجب أن تلون المستطيلات الدالة على اللون في دليل الخريطة بنفس الطريقة تلوين الخريطة ذاتها.

ويستخدم في تلوين الخرائط فرش تصنع من شعر الحيوانات بمقاسات مختلفة وأرقام متنوعة فالفرش رقم ٨، ١٠، ١٢ تستخدم في تلوين المساحات الواسعة. أما الفرش رقم ٢، ٤، ٦ فتصلح لتلوين المستطيلات الصغيرة والتلوين بالحبر الصيني أو الحبر الأبيض وعلى أية حال فإن الفرش أرقام ٢، ٤، ٨، ١٢ تلزم لتلوين أي خريطة مهما كانت مساحتها.

وتختلف الألوان الاصطلاحية أو المتفق عليها في تلوين الخرائط باختلاف مقياس رسم الخريطة. ففي الخرائط ذات المقياس الكبير تغطي الأجزاء الرئيسية بالألوان خاصة، فاللون الأصفر للطرق الرملية والأرض الفضاء، واللون الرمادي مع الأزرق للطرق المرصوفة، واللون الأحمر الطوبي أو البني الغامق للمباني الحكومية، واللون البني الفاتح أو الطوبي الفاتح للمباني غير الحكومية، واللون الأزرق للمجاري المائية، واللون الأخضر للأراضي الزراعية والحدائق، أما إذا كانت في الخريطة تفاصيل غير موجود نظير لها في الاصطلاحات فتلون حسب الرغبة. ويبين ذلك في مفتاح أو دليل الخريطة. أما في الخرائط ذات المقياس الصغير فيستخدم اللون البني المتدرج من الغامق إلى الفاتح للمناطق التضاريسية المرتفعة. واللون الأبيض أو البنفسجي للقمم الجبلية التي تغطيها الثلوج، واللون الرمادي للمناطق المنخفضة عن سطح البحر، واللون الأزرق المتدرج من الفاتح إلى الغامق ليبين تدرج الأعماق للمسطحات المائية (بحار، محيطات، بحيرات).

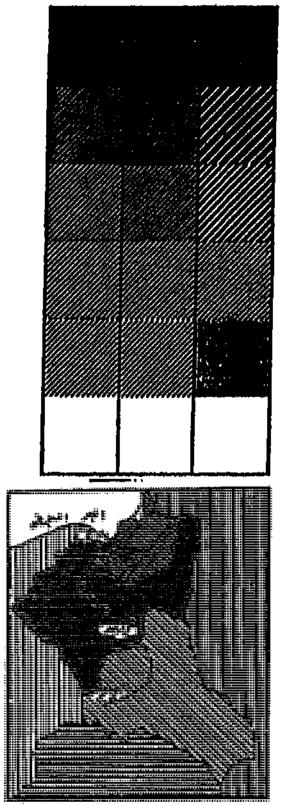
وفي بعض الأحيان يستعاض عن التلوين بتظليل الأجزاء الرئيسية من الخريطة بأنماط مختلفة من التظليل الخطي والنقطي (شكل رقم ٣ ـ ٩) وذلك للتمييز بين منطقة وأخرى. وتعرف هذه الطريقة باسم طريقة التظليل المساحي أو الطريقة الكوروكروماتية. ويمكن إنجاز التظليلات المختلفة في ذلك سواء برسمها يدويا كما في حالة ملء المساحات بالخطوط المتوازية المائلة أو الأفقية أو بالنقط، أو باستخدام لوحات خاصة مطبوع عليها بطريقة آلية أنماط التظليل



(شكل رقم: ٣ ـ ٩) أنماط من التظليل الخطي والنقطي.

المختلفة من خطوط ونقط ورموز أخرى. وتعرف هذه اللوحات باسم ورق الزيباتون Zipatone. وكثيراً ما يقوم الكارتوجرافي بجهد عظيم في عملية تغطية المساحات على الخريطة بانماط التظليل الخطي والنقطي وذلك بالاستعانة بجهاز التسطير الآلى في رسم خطوط متوازية متقاربة أو متباعدة أو باستخدام ورقة المربعات التي يمكن وضعها أسفل الخريطة الشفافة أو عن طريق منضدة الشف. ويجب مراعاة أن يكون التظليل النقطي واضح خاصة إذا كانت الخريطة ستصغر فيما بعد إذ أنه إذا كانت النقط على الخريطة الأصلية صغيرة جداً فقد تختفي بعد تصغير الخريطة بالتصوير الفوتوغرافي،. أما إذا كانت النقط كبيرة أو متلاصقة فقد ينشأ بعد التصغير ما يشبه البقع نتيجة لالتصاق النقط بعد تصغير الخريطة. وتمثل طريقة التظليل المساحي أهمية خاصة في رسم خرائط التوزيعات غير الكمية والكمية. وعند إجراء التظليل يجب أن يتدرج التظليل من القتامة إلى الخفة تبعاً لكثافة التوزيع ومن ثم يصبح لدينا تباين في درجات

التظليل، الأمر الذي يساعد على وضوح رؤية الاختلاف في توزيع الظاهرة. ومن أمثلة ذلك الشكل رقم (٤ ـ ٩).

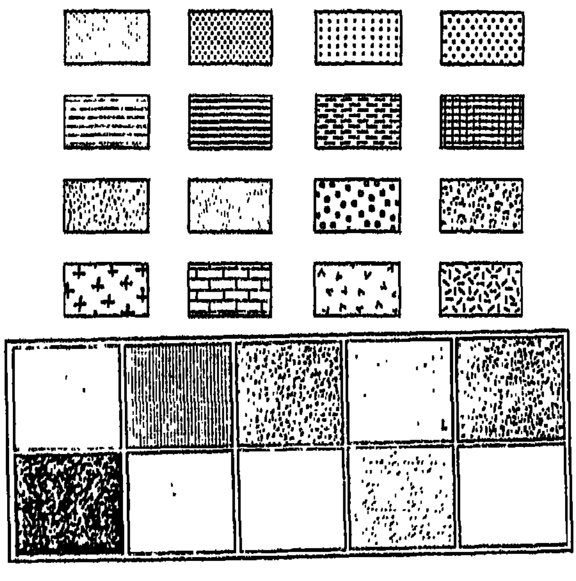


(شكل رقم: ٤ ـ ٩) أنواع التظليل الخطي المتدرج وتطبيقه على الخريطة.

وتتضمن الخرائط التي تستخدم فيها طريقة التلوين أو التظليل المساحي مجموعة كبيرة من الخرائط أهمها الخرائط الجيولوجية، وخرائط توزيع البنية، وخرائط توزيع انماط التربة، وخريطة توزيع النباتات الطبيعية، وخرائط استخدام الأرض، وخرائط المناطق الاقتصادية، وخرائط التوزيعات الاجتماعية المتنوعة.

وعادة ما تكون تظليلات ورموز ورق الزيباتون باللون الأسود، ولكن

هناك أيضاً لوحات منها ملونة تشمل ٢٧ لوناً مختلفاً. كما توجد هذه اللوحات في أحجام مختلفة. وحينما يريد الكارتوجرافي استخدام شكل معين من الأشكال على ورق الزيباتون في تغطية مساحة على خريطته، فيبدأ أولاً بنزع جزء من ورق السيلوفان المطبوع من غلافها الواقي ثم توضع بعناية على المساحة المطلوب تغطيتها، ثم يدلك ورقة الزيباتون بقطعة ورق مقوى بحيث يبدأ من أسفل ويكون التدليك من اليسار إلى اليمين، ثم ينقل تدريجياً إلى أعلى حالماً تلصق ورق الزيباتون بالخريطة، بعد ذلك تقطع الأجزاء الزائدة من ورق الزيباتون بمبراه القطع الخاصة لهذا الغرض أو بأي مبراة حادة (شكل رقم ٥ـ٩) وبعد ذلك تدلك الورقة بالضغط عليها حتى يتم التصاقها التصاقاً تاماً بالخريطة.



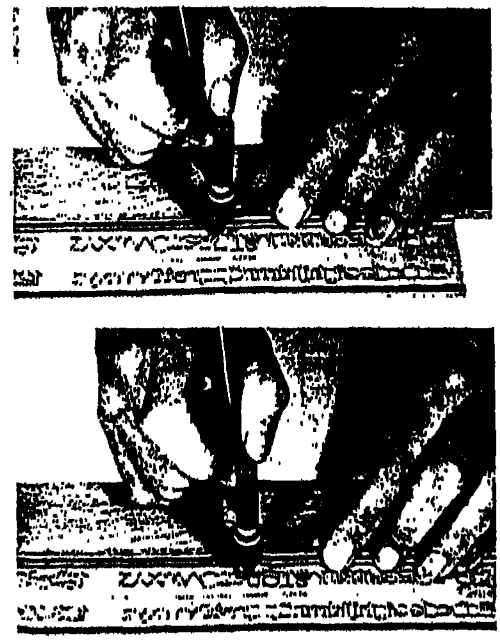
(شكل رقم: ٥ ـ ٩) أنماط مختلفة من التظليل الخطي والنقطي على أوراق الزيباتون.

رابعاً: التحبير

عند تحبير الخرائط يبدأ أولاً بتحبير (كتابة) الأسماء ثم الرموز الموجودة في الخريطة، ثم تحبير خطوط الطول ودوائر العرض والحدود السياسية، وأخيراً تحبير ملحقات الخريطة. وهذا الترتيب مهم سواء للخرائط ذات المقياس الصغير أو الكبير لأن الكتابة على الخريطة أي كتابة الأسماء لها الأولوية في الظهور على أي شيء آخر في الخريطة، أما خطوط الطول والعرض والحدود فهذه يمكن أن تقطع إذا اعترضها رمز أو كلمة تحتاج لمسافة. وفي هذا الصدد يجب العناية التامة بالنظافة والدقة في عمليات التحبير التي تتم عادة باستخدام الحبر الأسود الصيني الذي لا يؤثر فيه الماء. وقد يستخدم في تحبير الخرائط ذات المقياس الكبير ألوان أخرى مثل اللون الأحمر في تحبير الأعمال أو الإنشاءات الجديدة على الخريطة وكذلك قد يستعمل اللون الأزرق أو الأخضر لتحبير خطوط المضلعات إذا كان الأمر يستدعي بيانها على الخريطة. ومن الجدير بالذكر أن أوراق الشف العادية (ورق الكالك) والقماشية وكذلك المصنوعة من البلاستيك الشفاف تلتقط عادة الزيت من الأيدي، بل هي أوراق زيتية أو زلقة ملساء بسبب طريقة صناعتها. وقد لا يلتصق حبر الرسم إذا كان السطح زيتياً وقد (يجري) الحبر على الورقة بسرعة أو يتقطع لهذا السبب. الأمر الذي ينتج عنه خريطة غير دقيقة وذات مظهر رديء. ومن ثم كان من الضروري أن تزال مثل هذه الأغشية الزيتية قبل بدء عملية التحبير. ويمكن أن يتم هذا بسهولة بالنسبة لورق الكالك إذا تم مسح السطح بمسحوق مجهز لهذا الغرض بالذات. أما فيما يختص بلوحات البلاستيك الشفافة فيمكن تنظيفها باستعمال محلول النشادر Ammonia أو حتى بالماء والصابون العادي.

وعند الكتابة أو تحبير الأسماء على الخريطة يجب أن نضع في أذهاننا أن كتابة الأسماء على الخريطة ليست من عمل الخطاط بقدر ما هي من عمل راسم الخريطة نفسه. وهناك مساطر تستخدم لكتابة الأحرف الإفرنجية بأنواع وأحجام مختلفة تستخدم لهذا الغرض (شكل رقم ٦ ـ ٩).

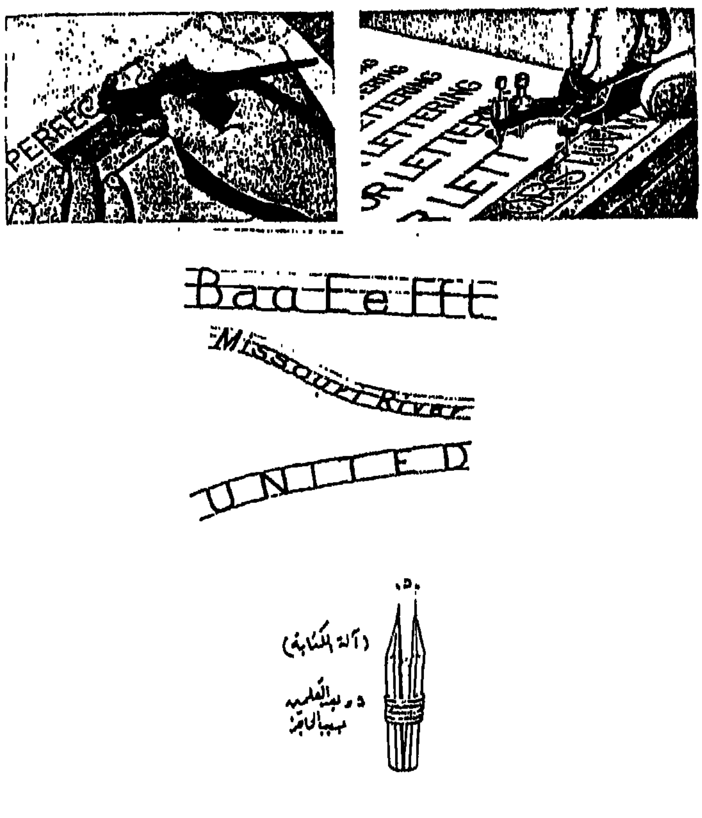
وتجد الإشارة هنا إلى أن الغرض من الكتابة هو التعرف على ما تمثله الخريطة من ظاهرات، غير أن الكتابة معترض عليها ذلك لأنها تحجب جزءاً من الخريطة لا يعد صغيراً. فأسماء البلاد تغطى في بعض الأحيان مئات الكيلومترات على الطبيعة، والواقع أن مشكلة الكتابة كانت ولا تزال أكبر مشكلة



(شكل رقم: ٦ ـ ٩) استخدام مساطر الأحرف الأجنبية في الكتابة على الخرائط.

يصادفها الكارتوجرافيون. ولو أننا اطلعنا على الخرائط القديمة التي رسمت باليد لرأينا كيف أنها تزدحم بالكتابة والصورة، أما الآن فقد أصبحت الخرائط تكتب فيها أنواع مختلفة من الخطوط تبعاً لأهمية مدلول الأسماء. فمثلاً يستخدم في الخرائط العربية الخط الثلث في كتابة الأسماء الكبيرة كأسماء الدول أو المحافظات، ويستخدم الخط النسخ في الأسماء التي تلي ذلك، ويستخدم

الخط الرقعة والنسخ الرفيع والرقعة الرفيعة على حسب أهمية كل اسم. أما في الخرائط الأجنبية فتستخدم الأحرف المجسمة في الوحدات الكبيرة ثم الأحرف الصغيرة للجبال والبحيرات والأنهار. وفي كل الأحوال يجب عند الكتابة مراعاة أن لا تتعدى أسماء الدول حدودها، فتكتب الأسماء داخل المنطقة أو إلى جوارها إذا كانت مساحة الدولة أصغر من اسمها المكتوب. ويجب أن تكتب الأسماء جميعها أفقية بقدر الإمكان فيما عدا أسماء الأنهار فهذه تكتب على مجاريها وكذلك الترع والمصارف والخطوط الحديدية، كما يجب في هذه الحالة أن يتفق التفاوت في حجم الكتابة مع أهمية مدلول الاسم.



(شكل رقم: ٧ ـ ٩) كيفية الكتابة على الخريطة بأوضاعها المختلفة.

وعند الكتابة على الخريطة يرسم خطان متوازيان بالقلم الرصاص يحددان المسافة التي سيكتب بداخلها الاسم، ولرسم هذين الخطين تستخدم آلة خاصة عبارة عن قلمين رصاص مربوطين معاً بينهما حاجز يمكن تحريكه لزيادة المسافة أو نقصها بين القلمين، كما أنه يمكن التحكم في المسافة بين السنين عن طريق الحاجز (شكل رقم ٧ ـ ٩). وبعد ذلك نبدأ في الكتابة طبقاً للقواعد السابقة مع مراعاة أن لا تمر مرة أخرى على الخط الذي رسم من قبل أو الاسم الذي كتب أيضاً من قبل. وعند استخدام المساطر الخاصة بكتابة الأحرف الأجنبية يجب أن يلاحظ تحريك الذراع بأكمله وليس الأصابع فقط. كما يجب مراعاة أن يتفق اتجاه الكتابة مع اتجاه الظاهرة، فاسماء البحار تكتب مع امتدادها وكذلك سلاسل الجبال والأنهار والترع وفي وضع مريح للنظر عند قراءتها. فمثلاً الظاهرات التي تميل من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي (مثل البحر الأحمر) يكتب اسمها من أسفل إلى أعلى، والظواهر التي تميل من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي (مثل بحر البلطيق) تكتب من أعلى إلى أسفل مع امتداد الظاهرة. أما إذا لم يكن للظاهرة اتجاه كأسماء المدن أو اسم الدولة إذا كتب بداخلها فيكتب الاسم أفقياً، والمقصود بالأفقية موازاة الكتابة لخطوط العرض سواء كانت مرسومة على الخريطة أم لا. وعند كتابة الأسماء الكبيرة يراعى توسطها في المسافة المطلوب الكتابة داخلها. وأحسن مكان لكتابة أسماء المدن في الخرائط العربية في أسفل الرمز الدال على المدن أو على يسارها أو أعلاها أو على يمينها، أما في الخرائط الأجنبية فإن أفضل مكان لكتابة اسم المدن يكون أسفلها أو على يمينها أو أعلاها أو على يسارها. كما يجب مراعاة أن تكتب أسماء المدن التي تقع على الأنهار على الضفة الصحيحة حسب موقعها. وغالباً ما تكتب أسماء المواني في البحر، بينما تكتب أسماء الأنهار متتبعة مجاريها، ويحسن أن تكون على الجانب الشمالي إذا كان الاتجاه من الشرق إلى الغرب، وإذا كان الاتجاه من الشمال إلى الجنوب كان من الأفضل الكاتبة على الجانب الشرقي في الخرائط العربية والجانب الغربي في الخرائط

الأجنبية. أما أسماء الجزر والبحيرات والمستنقعات فتكتب إما داخلها أو خارجها كلية، بينما تكتب أسماء القمم الجبلية في شكل قوس دائري، على حين تكتب أسماء الجبال والسلاسل الجبلية في وضع يتبع امتدادها، ويجب مراعاة أن لا تمس الكتابة معالم السلسلة أو خطوط الكنتور عليها.

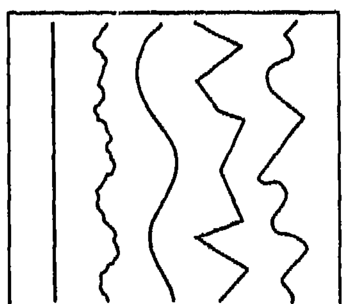
وهناك اتجاه حديث في كتابة الخرائط وهو تقليل الكتابة بقدر الإمكان إلى أدنى حد ممكن. فمثلاً أسماء المحيطات أو الدول لا داعي لذكرها باعتبارها ظواهر معروفة لأبسط قارىء للخريطة. بل أنه في الخرائط التي ترسم لغرض دراسي متقدم لا تبين الخريطة سوى المعلومات المطلوبة فقط وتهمل جميع الأسماء التي ليس لها به صلة. كما أنه لتجنب ازدحام الخريطة بالأسماء تستخدم في بعض الأحيان مختصرات أو رموز خاصة، وأحسن الرموز هي تلك التي يمكن استنتاجها بسهولة دون الرجوع إلى مفتاح الخريطة مثل الأحرف الأولى من اسم الظاهرة (ج = جبل، ب = بحيرة، هـ = هضبة وهكذا). ولكن إذا تعدد تشابه هذه الرموز فيجب أن تدون في مفتاح الخريطة للرجوع إليها في حالة عدم إمكان تحديد الموقع. ويجب أن نلاحظ هنا أن الأسماء الجغرافية عرضة للتغير الذي قد يكون بسبب تغير اللغة الرسمية نتيجة لتغير السلطة في الدولة، أو بسبب تغير هجاء الأسماء نتيجة للتطور أو تغيير الاسم حسب رغبة الدولة نفسها، ولهذا يجب الرجوع إلى المصادر الأحدث والأدق ومقارنتها ببعضها.

وبعد الانتهاء من الكتابة نبدأ في تحبير الظاهرات على الخريطة وفيها يجب مراعاة أن يكون التحبير دقيقاً على الخطوط المرسومة من قبل بالقلم الرصاص حتى يكون الرسم مطابقاً للطبيعة فتحبر الخطوط بسمك مناسب ويجب في هذه الحالة تنظيف قلم التحبير من وقت لآخر أثناء التحبير حتى لا يزيد سمك الخطوط في جزء من الخريطة. ويقل في جزء آخر. وحتى يتم ذلك يجب أن يكون ضغط اليد على القلم متساوٍ على طول الخط وإلا ظهرت الخطوط بشكل غير متساوٍ أو حتى متعرج (شكل رقم ٨ ـ ٩)، ولضمان عدم

حدوث ذلك اجعل الأصابع الممسكة بقلم التحبير مرتكزة كلية على أصبع الخنصر بدلاً من ارتكازها على سن التحبير، وفي هذه الحالة يصبح في الإمكان التحكم في ضغط هذا الأصبع على سطح لوحة الرسم. وفي حالة تحبير الخطوط الطويلة المرسومة باليد مباشرة يجب الإقلال بقدر الإمكان من نقط الالتحام للخط وذلك باطالة الخط المرسوم، وحتى يتم ذلك اجعل حركة اليد من الكوع مباشرة ولا تجعل اليد تستقر على لوحة الرسم. وعند التحبير يجب أن يكون اتجاهه من اليسار إلى اليمين دائماً مع التأكد من عدم وجود ذرات من الأتربة أو بقاياه الممحاة في طريق سن قلم التحبير. وفي حالة رسم الخطوط



أ



ب

(شكل رقم: ٨ ـ ٩) الوضع الصحيح لراسم الخريطة عند التحبير
(أ) واختلاف شكل الخطوط بعد التحبير (ب)
(لاحظ الخط الثاني من اليسار يدل على عدم ثبات يد الراسم عند التحبير).

المستقيمة يجب أن يكون سن قلم التحبير في وضع رأسي مع ميله ميلاً قليلاً نحو اليمين ليسهل جريان الحبر من ناحية وحتى لا يخدش القلم اللوحة فيسيل الحبر في مكان الخدش مباشرة مما يشوه الخريطة من ناحية أخرى. على أنه يجب أن نؤكد على أن تحبير الخطوط المنحنية يكون قبل تحبير الخطوط المستقيمة المتصلة بطرفي المنحنى لأنه من السهل وصل المنحنيات بالخطوط وليس العكس. ويجب مراعاة التقيد بمكان ثابت أثناء التحبير، فالخطوط على الخريطة مختلفة الاتجاهات، لذا يجب اتخاذ موضعاً ثابتاً بالنسبة للوحة يسهل منه تحبيرها، فإما أن تكون الخريطة مثبتة على لوحة يسهل تحريكها أو أن يتخذ الوضع المريح عند التحبير أمام لوحة الرسم وحتى يكون اتجاه التحبير في اتجاه الرسام.

ويكتمل تحبير الخريطة بتحبير ملحقات الخريطة من تحبير المحتويات دليل الخريطة وتحبير خطوط الطول ودوائر العرض، وأخيراً تحبير إطار الخريطة. وإذا أريد إزالة الحبر من أي جزء من الخريطة المرسومة على ورق الكالك فيجب استعمال شفرة الحلاقة لكشط وإزالة الحبر السطحي فقط، ثم يكمل إزالة الحبر بالمسح بممحاة نظيفة ثم يضغط على مكان المسح بسطح صلب ناعم أو ظفر الأصبع في حركة دائرية حتى يعود سطح الورقة أملساً، أما إذا كانت الخريطة مرسومة علي أوراق الرسم العادية الأخرى فإنه يمكن إزالة الحبر باستعمال طلاء أبيض غير شفاف. وبعد الانتهاء من التحبير تمسح الخطوط المرسومة بالقلم الرصاص أو الزائدة بحيث يجب أن يكون المسح بالممحاة خفيفاً حتى لا يضعف لون الحبر ويبدو باهتاً.

الفصل العاشر

نسخ ونقل وطبع الخرائط

يتم نسخ ونقل الخرائط عن طريق اختيار مقياس الرسم المناسب والمسقط الملائم. ويتوقف تحديد المقياس على حسب مساحة اللوحة التي سترسم عليها الخريطة، كما يتوقف اختيار المسقط على ضوء الغرض من رسم الخريطة. فلو أردنا أن نرسم خريطة يتحقق فيها الاتجاه الصحيح مثل الخرائط البحرية، يجب أن نختار مسقط الاتجاهات الصحيحة (مسقط ميركيتور)، أما إذا أردنا أن نرسم خريطة تكون المساحات بها مطابقة لنظيرتها على سطح الأرض وبنفس المقياس اخترنا مسقط المساحات المتساوية (مولفيدي).. الخ. وبعد ذلك نجهز المعلومات المراد توقيعها على الخريطة، والمرجع المطلوب رسم الخريطة منه. فمثلاً الخرائط ذات المقياس الصغير تنقل عادة من خرائط موجودة من قبل أي من الأطالس، أما الخرائط ذات المقياس الكبير فترسم على أساس عمليات مساحية تسجل بها الظاهرات المختلفة بواسطة أجهزة وأدوات مساحية. وتتم هذه العمليات في المنطقة المراد رسم خريطة ما ثم بعد ذلك توقع الظاهرة بنفس مقياس الرسم الذي رسم به أو مكبرة أو مصغرة، إلا أن طريقة النقل مع التكبير تعتبر من أصلح طرق نقل الخرائط، لأنه إذا أردنا تصغير الخريطة بعد ذلك فإن الأخطاء بها سوف تصغر معها ولا تظهر.

ويتم طبع الخرائط بطرق فنية متنوعة والتي كانت نقطة تحول في انتشار الخرائط واستخدامها كوسيلة من وسائل المعرفة، وكنتيجة لزيادة الطلب عليها تبعاً لتطور أساليب البحث في العلوم المختلفة ولتطور التخطيط العلمي الذي

أخذت بأسلوبه معظم دول العالم.

أولاً: نسخ الخرائط

يتم نسخ (شف) الخريطة بنفس مقياس رسمها بوسيلتين تستخدم في كل منهما عدة طرق كارتوجرافية خاصة.

١ ـ الطرق اليدوية:

(أ) طريقة الشف:

يستخدم في هذه الطريقة ورق شفاف يوضع فوق الخريطة الأصلية فتظهر بوضوح على الورق الشفاف، ثم تنقل الظواهر والمعلومات الجغرافية المراد بيانها، وتمتاز هذه الطريقة بأنه يمكن بواسطتها أن تختصر الظواهر الجغرافية غير المطلوبة، كما أنها لا تتلف الخرائط الأصلية التي ينقل منها.

(ب) طريقة الشف بواسطة اللوح الزجاجي:

وفي هذه الطريقة توضع الخريطة الأصلية المطلوب نقلها على لوح زجاجي معرض لأي ضوء كالضوء الطبيعي مثلاً أو ضوء مصباح كهربائي ثم توضع لوحة الرسم فوق الخريطة الأصلية التي تظهر واضحة عليها وبذلك يمكن نقلها. وهناك منضدة خاصة تستخدم عند شف الخرائط وهي عبارة عن صندوق خشبي (لمنع الحرارة الشديدة على الزجاج) يوضع بسطحه لوحين من الزجاج يبعدان عن بعضهما حوالي ١٥ سنتيمتراً، اللوح الأول من الزجاج المصنفر لتوزيع الضوء، واللوح الآخر زجاج عادي، وبالمنضدة فتحة صغيرة للتهوية. ويوجد تحت اللوح الزجاجي الأسفل مصباح كهربائي، ويفضل أن يكون من نوع الفلورسنت حتى يكون توزيع الضوء جيداً وقوة الإضاءة بسيطة فلا يسخن الهواء والزجاج فيتمدد ورق الرسم.

(جـ) طريقة الطبع بالكربون:

وفي هذه الحالة توضع لوحة الرسم على منضدة ثم يوضع فوقها ورق كربون قديم حتى لا يترك أثراً مشوهاً لخطوط الخريطة، وبعد ذلك توضع الخريطة المطلوب نقل المعلومات منها على الكربون ولوحة الرسم، وبواسطة سن قلم صلب أو سن معدني مدبب نضغط برفق على امتداد الظواهر الجغرافية في الخريطة الأصلية مثل السواحل والأنهار وخطوط الكنتور.. الخ. وبذا نحصل على نسخة طبق الأصل من الخريطة الأصلية. ولهذه الطريقة عيوب كثيرة على الرغم من سهولتها، إذ أنها تتلف النسخة المطبوعة لتشويه الكربون لها والذي لا يمحى إلا بصعوبة بالغة، كما أنها تسبب تلفاً للخريطة الأصلية عن طريق الضغط الشديد أو حتى استعمال قلم رصاص ناعم، ثم أن خطوط تحديد الظواهر في الخريطة المنسوخة تكون غير دقيقة نسبياً، ولا يمكن الاعتماد على هذه الطريقة في التمرين على رسم الخرائط إذ أن من يستخدمها يعتبر مجرد آلة ناسخة فقط.

(د) طريقة المربعات:

وتعتبر هذه الطريقة من أحسن طرق نقل الخرائط لأنها تعد تمريناً جيداً على رسم الخرائط بدقة. وفيها تقسم الخريطة المطلوب نقلها إلى مربعات متساوية في مساحتها، ثم نقسم لوحة الرسم المراد نقل الخريطة عليها إلى مربعات متساوية (في المساحة والعدد) السابق رسمها على الخريطة الأصلية ثم بعد ذلك نرسم الظاهرات الموجودة في كل مربع من مربعات الخريطة الأصلية إلى نظيره على لوحة الرسم.

٢ ـ الطرق الفوتوجرافية:

(أ) طريقة التصوير الفوتوغرافي:

يتم أخذ صورة بنفس مقياس الرسم بآلة تصوير خاصة على لوح زجاجي

سالب بحيث يكون بعد الصورة عن العدسة مساوياً لبعد اللوح السالب عن العدسة. ومن اللوح السالب يمكن طبع الخريطة، وطريقة التصوير هذه تعد فناً يتطلب دراية وإعداد خاص لأخذ وطبع الصورة، ويوجد بكلية الهندسة ـ جامعة الاسكندرية ـ آلة تصوير دقيقة جداً يبلغ قطر عدستها حوالي المتر وهي معدة لنقل الخرائط بنفس مقياس الرسم، وكذلك لغرض التكبير والتصغير كما سنرى فيما بعد.

(ب) طريقة التصوير الكهروغرافي:

يتم نسخ الخرائط بواسطة جهاز خاص تتعرض فيه الخرائط لضوء شديد ينبعث من الجهاز. وتعرف هذه الطريقة باسم «التصوير الجاف» وهي طريقة في التصوير تشبه التصوير الفوتوغرافي ولكنها لا تتطلب أوراقاً حساسة للضوء، بل تستخدم بدلاً من ذلك رقاقة خاصة مشحونة كهربائياً ومتميزة بالموصلية الضوئية.

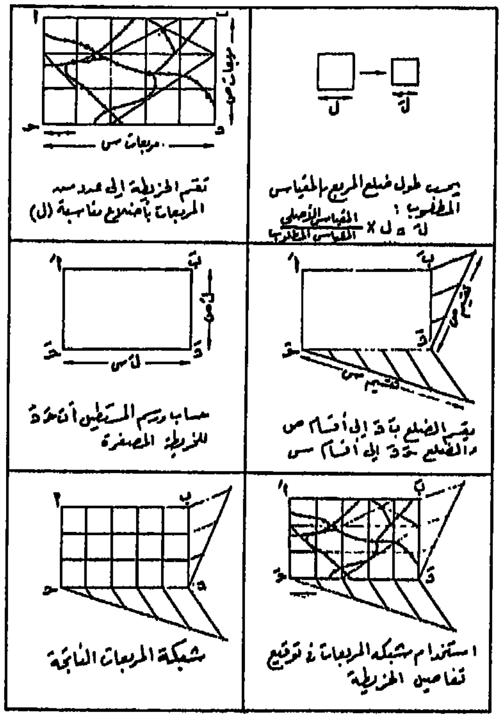
ثانياً: نقل الخرائط

كثيراً ما يحتاج الجغرافي إلى تصغير أو تكبير الخريطة لتلائم مساحة اللوحة التي يريد الرسم عليها. ولهذا الغرض توجد عدة طرق فنية أهمها الطرق التخطيطية Graphical methods، والطرق الآلية Instrumental methods، والطرق الفوتوغرافية Photographical methods.

١ ـ الطرق التخطيطية:

(أ) طريقة المربعات:

إذا كان المطلوب تصغير خريطة بهذه الطريقة فيتم ذلك على النحو التالي: نقسم الخريطة الأصلية إلى مربعات متساوية، ثم نقسم لوحة الرسم إلى عدد من المربعات يساوي عدد المربعات على الخريطة الأصلية ولكنها تختلف

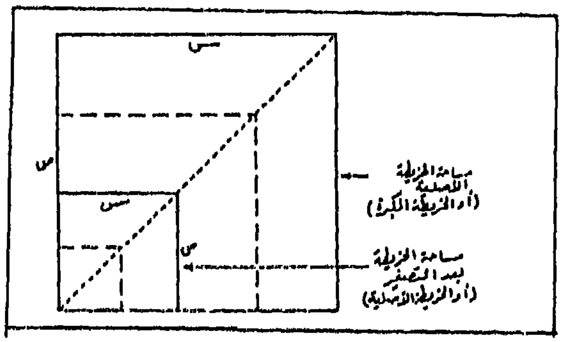


(شكل رقم: ١أ ـ ١٠) كيفية تقسيم الخريطة الأصلية
إلى مربعات بنسبة التصغير المطلوبة.

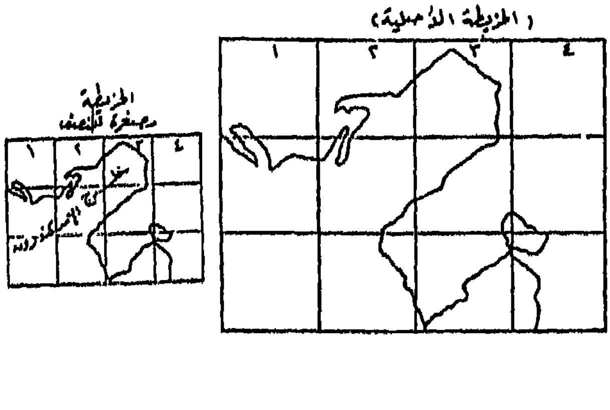
عنها، في طول أضلاعها حسب النسبة المراد الرسم بها (شكل رقم ١ أ ، ١ ب ـ ١٠). فإذا كان لدينا خريطة كما في الشكل رقم (٢ ـ ١٠) وأردنا نقلها مع تصغيرها بنسبة ٢ : ١ فإننا في هذه الحالة سنقسم الخريطة إلى مربعات طول كل ضلع منها معلوم وليكن مثلاً ٢ سنتيمتر. نقسم لوحة الرسم إلى مربعات مساوية في عددها المربعات للخريطة الأصلية، ويكون طول ضلع كل منها سنتيمتراً واحداً، وبعد ذلك ينقل الرسم من كل مربع على الخريطة الأصلية إلى نظيره على لوحة الرسم. ومما تجدر الإشارة إليه أن مساحة الخريطة الجديدة (الطول × العرض) في حالة التصغير هذه ستكون ربع مساحة الخريطة الأصلية،

وإذا كانت نسبة التصغير ٣: ١ فإن المساحة الجديدة ستكون ٩/١ مساحة الخريطة الأصلية. . وهكذا.

وإذا كان المطلوب تكبير الخريطة، فإن ذلك يتم بنفس الطريقة السابقة التي اتبعناها في طريقة تصغير الخريطة، ولكن باختلاف واحد وهو إننا إذا كنا نقسم اللوحة إلى مربعات أصغر في أطوال أضلاعها عنها في الخريطة الأصلية في حالة التصغير فإننا في طرق التكبير نقسم اللوحة إلى مربعات أكبر في أطوال أضلاعها عنها في الخريطة المراد الرسم منها على حسب النسبة المطلوبة.

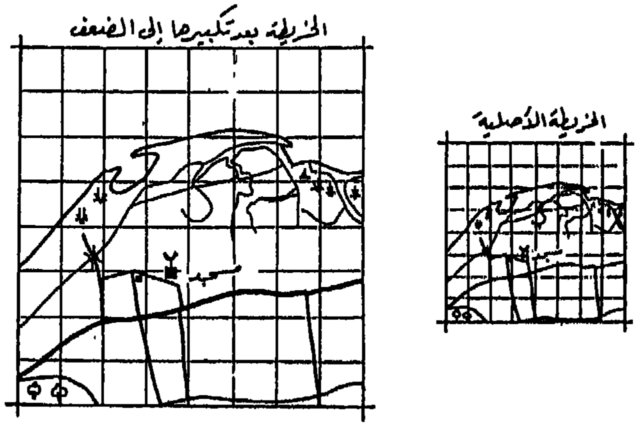


(شكل رقم: ١ ب ـ ١٠) اختلاف طول أضلاع المربع حسب النسبة المراد الرسم بها.



(شكل رقم: ٢ أ ـ ١٠) تصغير الخريطة بطريقة المربعات.

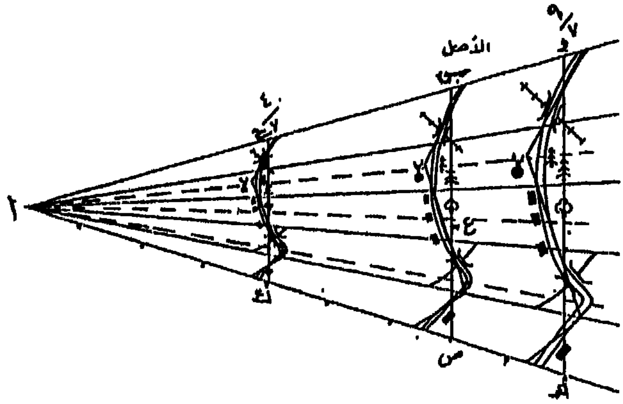
فإذا كانت لدينا خريطة شكل رقم (٢ ب ـ ١٠). وأردنا تكبيرها بنسبة ١ : ٢ (أي أن مساحة الخريطة الجديدة ستكون أربعة أمثال الخريطة الأصلية) فإننا نقسم الخريطة الأصلية إلى مربعات طول كل منها معلوم وليكن سنتيمتراً واحداً، ثم نقسم لوحة الرسم إلى مربعات مساوية للأولى في عددها ولكنها مختلفة عنها في أطوال أضلاعها بحيث تكون ضعفها أي ٢ سنتيمتر، وبعد ذلك نبدأ في نقل الظواهر والمعلومات الجغرافية من كل مربع على الخريطة الأصلية إلى نظيره على لوحة الرسم حتى ننتهي من نقل الخريطة الأصلية بأكملها، أو نختصر بعض المعلومات إذا كنا لا نحتاج إليها.



(شكل رقم: ٢ ب ـ ١٠)تكبير الخريطة بطريقة المربعات.

(ب) طريقة المثلثات المتشابهة:

تستخدم هذه الطريقة في تصغير أو تكبير المناطق ذات المساحات الضيقة والتي يصعب تطبيق طريقة المربعات عليها مثل المظاهر الخطية مثل الطرق أو السكك الحديدية أو المجاري النهرية. فإذا كنا نريد تكبير خريطة لمنطقة يشغلها مجرى مائي بنسبة ٧ : ٩ فإننا نقوم بعمل الآتي: نمد خطاً طولياً بين طرفي المجرى المائي في الخريطة كالخط س ص (شكل رقم ٣ ـ ١٠)، ثم ننصف هذا



شكل رقم (٣ـ١٠) التكبير والتصغير بطريقة المثلثات المتشابهة

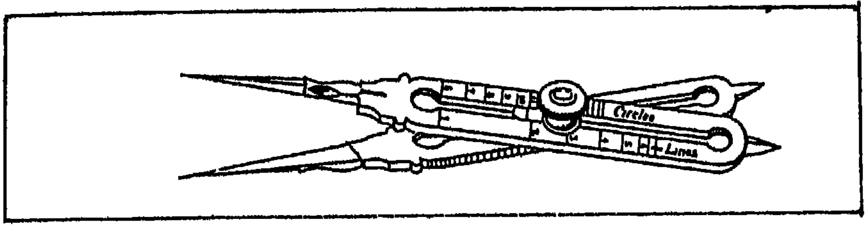
الخط في نقطة (ع) ونقيم منها عمود ونختار على هذا العمود نقطة ولتكن (أ) ويلاحظ أنه كلما كانت هذه النقطة المختارة بعيدة عن الخط (س ص) كلما كان ذلك أكثر دقة. وبعد ذلك نصل بين نقطة (أ) وبين طرفي الظاهرة بالخطين (أ س)، (أ ص) ثم نقسم أحد هذين الخطين إلى سبعة أقسام متساوية ونمد الخطين على استقامتهما ونوقع على أحدهما قسمين آخرين كل منهما يساوي قسماً من الأقسام السبعة السابقة، ومن نهاية القسم التاسع نرسم خطاً موازياً للخط (س ص) وليكن (و هـ) فيكون نسبة طول الخط (و هـ) إلى طول الخط (س ص) مساوية بنسبة ٧ : ٩ أي يكون مكبراً بالنسبة المطلوبة. وبعد ذلك نحدد على الخريطة النقط التي ينثني عندها المجرى المائي أو يلتقي فيها بروافده، وكلما كانت هذه النقط كثيرة كلما ساعد ذلك على دقة العمل، ثم نصل بين (أ) وبين كل من هذه النقط حتى يصل إلى الخط (و هـ) أو بمعنى آخر على بعد منه يساوي ٩/٧ من بعده على الخط (س ص) مما يؤدي بالتالي إلى رسم تفاصيل الظاهرة مكبرة على الخط (و هـ) وعلى الخطوط المساعدة التي يستلزم الأمر رسمها.

أما إذا كنا نريد تصغير المجرى المائي بنسبة ٧ : ٤ مثلاً فنرسم خطاً موازياً للخط (س ص) من نهاية القسم الرابع على الخط (أ س) وليكن هذا الخط (ح ك) وهو يشابه الخط (س ص) ولكن يكون مصغراً عنه بنسبة أ ح : أ س أي بنسبة ٧ : ٤ وبنفس الطريقة السابقة يتم تصغير الظاهرة على طول الخط (ح ك) بالاستعانة ببعض الخطوط المساعدة بالنسبة المطلوبة في حالة التصغير.

٢ ـ الطرق الآلية:

(أ) فرجار التناسب (المقسم النسبـي) Proportional compass:

للدقة في نقل الخريطة في حالة التصغير أو التكبير يستعمل فرجار خاص يسمى فرجار التناسب وهو عبارة عن ساقين معدنيين متساويين في الطول ينتهي كل منهما بسنين مدببين وفي وسط كلا الساقين مجراه تتحرك فيها قطعة معدنية ذات ثقب عند المحور ويتصلا ببعضهما بمسمار يمر بمنتصف الساقين. ويعتبر المسمار محور ارتكاز الساقين اللذان يصبحان رافعة (شكل رقم ٤ ـ ١٠). وتقوم فكرة عمل الفرجار على إمكان تغيير موضع محور الارتكاز فيتغير تبعاً لذلك كل من المسافتين بين سني الفرجار كما تتغير النسبة بينهما أيضاً بنسبة بعد المسمار عن منتصف الساقين، ولكن إذا كان المسمار عند منتصف الساقين فإن المسافة بين السنين في جهة تكون مساوية للمسافة في الجهة الأخرى. ويوجد على سطح كلا الساقين وعلى جانبـي المجراه تقاسيم مدرجة على جانبـي المجراه التي تتوسط كل ساق لكي تعطي النسبة المطلوبة للتصغير أو التكبير، ولاستعمال فرجار التناسب في تصغير خريطة ما بنسبة ٥ : ١ نحرك القطعتين المعدنيتين معاً في المجراه حتى تنطبق العلامة .المحفورة على القطعة المعدنية على الخط المكتوب عليه رقم ٥ ويربط المسمار وتأخذ الأبعاد من الخريطة بالسنين الكبيرين وتوقع على الخريطة ذات المقياس الأصغر بواسطة السنين الصغيرين. ويتبع العكس في حالة التكبير.

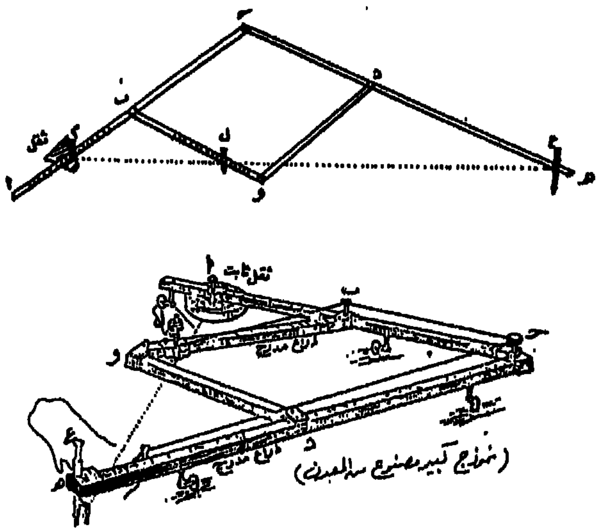


(شكل رقم: ٤ ـ ١٠) فرجار التناسب (المقسم النسبي).

(ب) جهاز البانتوجراف:

البانتوجراف عبارة عن جهاز يستخدم في تكبير أو تصغير الخرائط وذلك في حدود النسب التي يسمح بها الجهاز. ويعتبر هذا الجهاز أسرع كثيراً في عملية نقل الخرائط كما أنه يعطي نتائج دقيقة في حالة المساحات الصغيرة ولذلك فإنه من المستحسن عند تكبير الخرائط بالبانتوجراف نقسم المساحة الأصلية إلى مربعات ويكبر كل مربع على حدة.

والجهاز (شكل رقم ٥ ـ ١٠) يتركب من ذراعين طويلين من النحاس (أ، ج، جـ، هـ) أو من الخشب ويتصلان ببعضهما بمفصل جـ ويتصل بكل منهما ذراعان قصيران (ب و، د و) ويتصل الأخيران بواسطة مفصل عند (و) وفي نهاية الذراع جـ هـ يوجد ثقب خاص (ع) يركب به القلم الرصاص في حالة التكبير أو القلم الصلب في حالة التصغير. أما الذراع (ب و) فهو مقسم إلى أقسام وتتحرك عليه مركبة (ل) بها مؤشر لضبط نسبة التكبير أو التصغير وبها ثقب يركب به القلم الرصاص في حالة التصغير والقلم الصلب في حالة التكبير. أما الذراع أ جـ فنصفه (أ ب) مقسم إلى أقسام معينة هي نفس الأقسام المدونة على الذراع (ب و) ويتحرك عليه مركبة أيضاً هي (م) لضبط نسبة التصْغير أو التكبير وبها ثقب يركب فيه الثقل أو القاعدة التي تكون مركز لحركة الجهاز



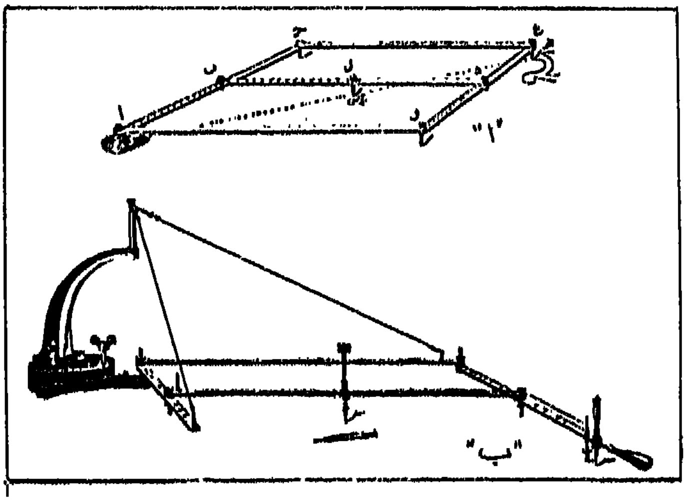
شكل رقم (٥ ـ ١٠) جهاز البانتوجراف لتصغير الخرائط أو تكبيرها

يجب أن تكون ع، ل، م على استقامة واحدة حتى تكون أضلاع البانتوجراف دائماً مثلثين متشابهين هما المثلث م ب ل، م ج ع ويتم ذلك بوضع المركبة (م) على نفس الرقم الذي تقف عنده المركبة (ل). وفي حالة التكبير أو التصغير تكون النسبة بين الخط الذي يرسمه القلم ل والخط الذي يرسمه القلم ع كالنسبة بين م ل، م ع فإذا ضبطت المركبة على كل من الذراعين أ ب، ب و بنسبة ١ : ٢ كانت النسبة بين م ل، م ع = ١ : ٢ أيضاً وبذلك إذا تحرك القلم الذي في (ل) مسافة قدرها س تحرك القلم الذي في (ع) مسافة قدرها ٢ س في نفس الوقت.

وفي حالة التصغير نضبط كل من م، ل على الرسم الخاص بالتصغير ثم يوضع القلم الصلب في (ع) والقلم الرصاص في (ل) تثبت الخريطة المطلوب تصغيرها أسفل القلم الصلب في (ع) وتوضع ورقة الرسم المراد التصغير عليها

في وضع مناسب وبحيث تكون أضلاعها موازية تقريباً لأضلاع الخريطة الأصلية، بعد ذلك نضع الثقل الخاص بالقلم الرصاص ثم نتبع خطوط الخريطة الأصلية بالقلم الصلب فنلاحظ أن القلم الرصاص يرسم نفس الشكل ولكن بنسبة تختلف حسب ضبط المركبة على كل من الذراعين أ ب، ب و.

أما في حالة التكبير فتضبط المركبة حسب النسبة المطلوبة ويوضع القلم الصلب في (ل) والرصاص في (ع) وتوضع الخريطة الأصلية تحت القلم الصلب في (ل)، واللوحة الورق تحت القلم الرصاص في (ع) ونتتبع كما هي الحال عند تصغير الخرائط خطوط الخريطة بالقلم (ل) فنحصل لها على صورة مكبرة.



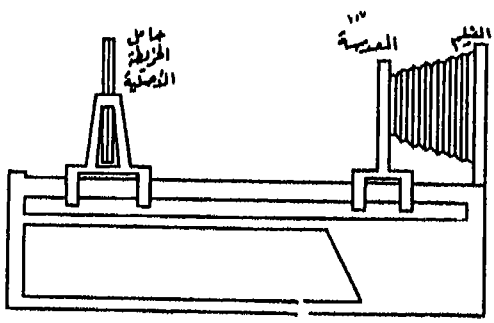
(شكل رقم: ٦ ـ ١٠) (أ) نموذج بسيط للبانتوجراف ـ (ب) البانتوجراف المعلق.

وللبانتوجراف أشكال كثيرة مختلفة منها البسيط أو العادي (شكل رقم ٦ أ ـ ١٠) ومنها ما يعرف باسم البانتوجراف المعلق (شكل رقم ٦ ب ـ ١٠) وهو أكثر تعقيداً وأغلى في الثمن من البانتوجراف العادي.

٣ ـ الطرق الفوتوغرافية:

(أ) آلة التصوير الفوتوجرافي:

تستخدم هذه الآلة في نقل الخرائط بنفس مقياس الرسم كما سبق أن ذكرنا، كما أنها أيضاً تعد أحدث الطرق وأدقها للحصول على صورة أكبر وأصغر من صورة الخريطة الأصلية بنسب معينة تختلف تبعاً لبُعد الصورة عن العدسة وبُعد العدسة عن السلبية حسب نسبة التكبير أو التصغير المطلوبة (شكل رقم ٧ ـ ١٠). وبعد ذلك تنقل من الصورة الفوتوغرافية إلى اللوحة الورق بإحدى الطرق السابقة بالشف أو بالمربعات. ويقتصر استخدام آلة التصوير في نقل الخرائط القديمة الموجودة في المخطوطات أو نقل الخرائط المنقوشة على المباني أو الآثار أو الخرائط المجسمة.



(شكل رقم: ٧ ـ ١٠) آلة التصوير الفوتوغرافي.

(ب) جهاز الأبيدياسكوب:

يشبه الابيدياسكوب جهاز الفانوس السحري ولكنه يمتاز عنه بأنه لا يحتاج إلى عمل صور شفافة أو شراح لما يعرض بواسطته بل يكفي وضع الخريطة العادية داخل الجهاز وإضاءة المصباح الكهربائي في الداخل فتنعكس صورتها

من عدسة الجهاز إلى اللوحة. ويتركب جهاز الابيدياسكوب من صندوق مستطيل بأعلاه فتحة مركب عليها صندوق صغير به مرآة مكبرة بحيث تصنع زاوية من قاعدة الصندوق مقدارها ٤٥ درجة، ومركب أمام المرآة عدسة محدبة تصنع زاوية مقدارها ٤٥ درجة. وبذلك إذا انعكس أي ضوء من سطح قاعدة صندوق المرآة نفذ من خلال العدسة، ويلاحظ أن مقدار المسافة بين قاعدة الصندوق والمرأة والعدسة يكون مساوياً للبعد البؤري للعدسة. وتطلى جوانب الجهاز من الداخل باللون الأبيض عادة أو بالورق الفضي مما يساعد على تقوية ضوء المصباح الذي يركب بسقف العلبة على جانبي الفتحة العليا.

أما قاعدة الصندوق فمغطاة بقماش أسود غير لامع، وبذلك إذا وضعت الخريطة عليها وأضيء المصباح امتصت القاعدة كل الضوء المنبعث من المصباح ولا يصل إلى المرآة إلا الضوء الذي تعكسه الخريطة فقط، وهذا يكون متدرجاً في شدته حسب ألوان الخريطة والخطوط السوداء بها، ثم تنعكس صورة الخريطة من المرآة إلى العدسة التي تشعها بدورها إلى لوحة الرسم فتظهر الخريطة مكبرة بنسبة بعد لوحة الرسم على الجهاز. وعندئذٍ نتبع خطوط الخريطة بالقلم الرصاص فنحصل على نسخة مكبرة من الخريطة ثم تحسب نسبة التكبير ويرسم لها مقياس رسم خاص.

ثالثاً: طبع الخرائط

كان التطور الكبير الذي طرأ على وسائل الحفر والطباعة من أهم أسباب النهضة الكبرى التي شهدتها الخرائط خلال عصر النهضة الأوروبية بعد التدهور الطويل الذي مرت به طوال العصور الوسطى، وظلت هذه النهضة الكارتوجرافية مستمرة حتى اليوم. فبعد أن كانت عملية نسخ الخرائط حتى ذلك العصر تتم بالرسم باليد، ولكن باختراع الطباعة وتقدم فنها أصبح في الإمكان الآن إنتاج آلاف الخرائط بنفس اللوح الذي يتم حفر الخريطة عليه. ثم شهد القرن الحالي

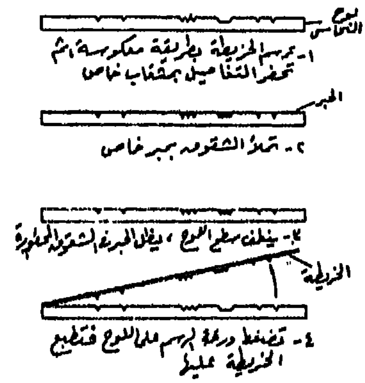
ثورة هائلة في صناعة الخرائط، فقد استحدثت طرقاً فنية واخترعت أجهزة لطبع الخرائط. ومن المفيد هنا أن نلم بطرق طبع الخرائط ونعرف تطورها حتى وصلت إلى أساليبها الدقيقة المعاصرة.

١ ـ الحفر على النحاس Copper engraving :

ابتكر أسلوب الحفر على النحاس لطبع الخرائط ونشرها بعد اختراع الطباعة في عصر النهضة بأوروبا، واستمر استخدام هذا الأسلوب في طبع الخرائط قرابة أربعة قرون من الزمن (١٤٥٠ ـ ١٨٥٠ تقريباً) ويتلخص هذا الأسلوب في رسم الخريطة بطريقة معكوسة أي كما ترى في المرآة على لوح مصقول من النحاس. وبعد ذلك تحفر تفاصيل الخريطة باستخدام أدوات خاصة بالحفر (المثقاب Groover) ثم تملأ الشقوق المحفورة بحبر خاص للطلاء، ثم يمسح سطح اللوح النحاس. وحين يصبح نظيفاً، يظل الحبر في الشقوق المحفورة فقط. وعند الاستعمال يضغط اللوح على ورقة نشاف رطبة، ثم يضغط به على ورقة لكي تطبع الخريطة عليها. والعيب الرئيسي للوح النحاس هو ليونته، حتى أن عدداً قليلاً نسبياً من النسخ يمكن طبعه قبل أن تبدأ الخطوط الدقيقة في التلوث. لذا فإنه لا بد من حفر اللوح ثانية بعد كل حوالي ثلاثة آلاف نسخة. كذلك يعاب على اللوح النحاسي بأنه لا يمكن استخدامه في طبع الخرائط الملونة. ولكن ميزة لوح النحاس هو إمكان تنقيح وتصحيح الخريطة المحفورة بسهولة، وذلك بطرق مسح اللوح ثم إعادة الحفر، ولهذا السبب لا تزال بعض هيئات إنتاج الخرائط تستخدم هذا الأسلوب في طبع الخرائط على الرغم من بطء عملية الطبع بها، ومن تكاليفها المرتفعة (شكل رقم ٨ ـ ١٠).

وكانت تتوقف دقة طبع الخرائط على دقة الحفر على اللوح النحاسي وعلى نوع الورق المستخدم في الطباعة. وفي القرن التاسع عشر ظهرت اختراعات حديثة سهلت مهمة طبع الخرائط كثيراً وجعلت الخرائط أرخص في الثمن نتيجة انخفاض تكاليف الطباعة. فمثلاً كان يستخدم اللوح النحاسي

المحفور في عمل نسخ واحدة من الخرائط، تطبع منها بعد ذلك بالطريقة الليثوغرافية.



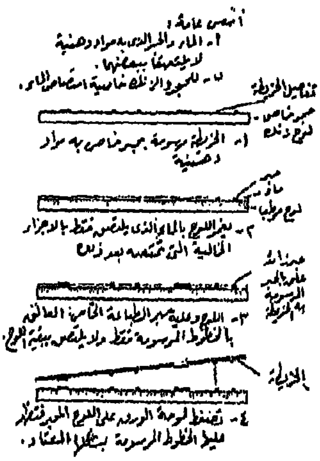
(شكل رقم: ٨ ـ ١٠): طريقة الحفر على النحاس.

٢ ـ طريقة الطبع الليثوغرافي Lithography:

في العقد الأخير من القرن الثامن عشر، وبالتحديد في سنة ١٧٩٠ اكتشفت A.Senefelder نوعاً من الحجر الجيري في منطقة بفاريا بألمانيا له خاصية غير مألوفة هي أنه لو رسمت عليه خطوط بالقلم الرصاص الشمعي، أو إذا رسم عليه بواسطة حبر به مواد دهنية ثم غمر هذا الحجر في الماء ووضع بعد ذلك فوق لبادة بها حبر طباعة علق الحبر بالخطوط المرسومة فقط ولم يعلق ببقية الحجر، وإذا تغطى الحجر بالصمغ كانت النتيجة أفضل.

وعند استخدام هذا الأسلوب في طباعة الخرائط، ترسم الخريطة بالشكل العكسي كما تظهره في المرآة بحبر شمعي على لوح من هذا الحجر الناعم وعندما يمر الحجر على حبر طباعة فسوف يلتصق بالخطوط المرسومة فقط ويظهر على الورق الذي يضغط على لوح الحجر (شكل رقم ٩ ـ ١٠)، ونظراً لأن عملية الإبقاء على نعومة سطح الحجر مكلفة، إلى جانب أن الاحتفاظ بالحجر في كتلته الضخمة كسطح أصلي وأساسي يمكن الاستعانة به مرة أخرى

يعد أمراً غير عملي، إلا أن الطباعة بهذه الطريقة كانت أرخص وأسهل كثيراً من طريقة الحفر في طبع وإنتاج نسخ الخرائط. وقد ظلت هذه الطريقة فنية بدرجة عالية وتطلبت مهارة فائقة وخبرة زائدة، ولهذا تطورت من هذه الطريقة طرق أخرى في طبع الخرائط في أواخر القرن التاسع عشر أسهل وأرخص نسبياً في إنتاج الخريطة الأصلية على أي نوع من الورق.

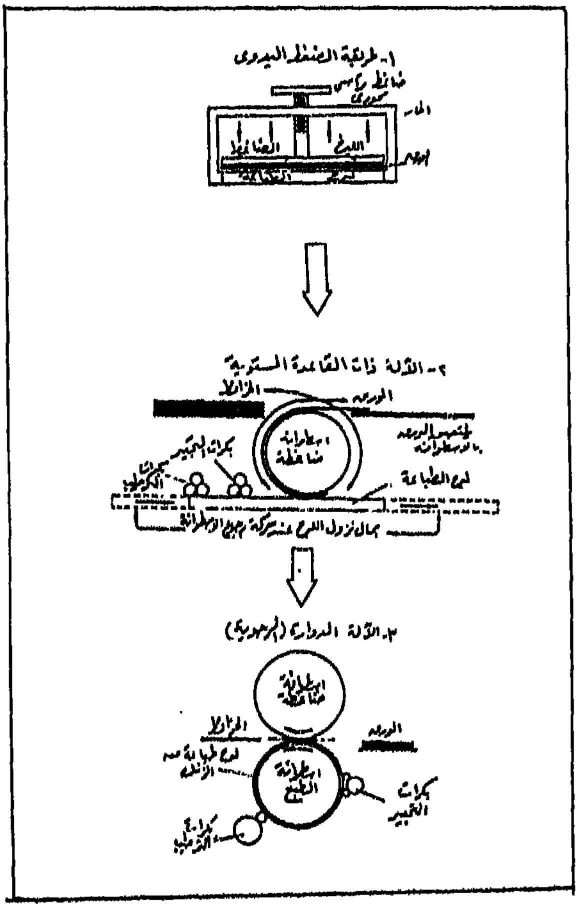


(شكل رقم: ٩ ـ ١٠) طريقة الطبع الليثوغرافي.

٣ ـ طريقة الطبع الفوتوليثوغرافية Photolithography:

الأساس في هذه الطريقة هو اقتران التصوير الفوتوغرافي بالعملية الليثوغرافية، ولذا فإنها تعرف باسم (الطبع الزنكوغرافي Zincorgraphy). وتتلخص هذه الطريقة في تصوير الخريطة المرسومة على الورق فوتوغرافياً إلى الحجم المطلوب، ثم تبسط النسخة السالبة Nigative على لوح حساس من الزنك أو الألمونيوم، وبعد غسيل اللوح الحساس تظل الصورة عليه، ويعالج

بعد ذلك كيمائياً لتثبيت الصورة عليه، وتكون قابلة للحبر الصمغي. وبينما تكون المساخات المصورة قابلة للحبر، نجد المساحات الخالية التي ليس بها خطوط تكون طاردة للحبر، وذلك بجعلها مبللة للماء. وبعد ذلك يلف اللوح على أسطوانة مطبعية دوارة (رحوية) فتنتقل الصورة المحبرة إلى أسطوانة من المطاط، ومنها إلى ورق الطباعة الذي ستظهر نسخ الخريطة الأصلية (شكل رقم ١٠ ـ ١٠)، وبهذه الطريقة يمكن طبع الخرائط بسرعة عظيمة (حتى عشرة



(شكل رقم: ١٠ ـ ١٠) تطور أساليب الطباعة الفوتوليثوغرافية.

الاف نسخة تقريباً في الساعة). وفي حالة طبع الخرائط الملونة ترسم أولاً نسخ منفصلة لكل لون ثم تطبع بحيث تتوافق فوق بعضها في النهاية.

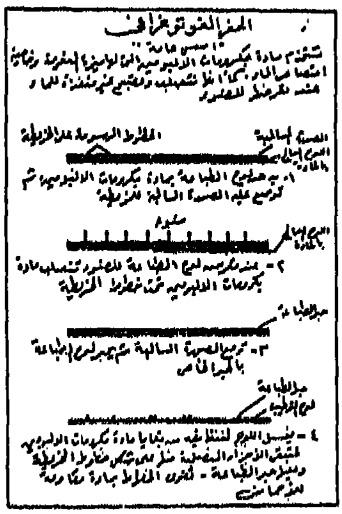
وتستخدم هذه الطريقة أساساً في طبع لوحات الخرائط ذات المقياس الكبير التي تصورها الهيئات الحكومية، وإن كان استخدامها قد أخذ ينتشر في طبع الخرائط الأخرى الصغيرة المقياس. ويلاحظ أن رسم الخريطة يتطلب أن ترسم حسب المقياس المطلوب وأن تكون معكوسة. ولتحقيق ذلك نرسم الخريطة بمقياس رسم أكبر من المطلوب ثم تصور. وفي بعض الأحيان توضع الصورة السلبية للخريطة فوق ورقة محسسة بطبقة من بكرومات الجيلاتين وتطبع بالطريقة التي تعرف باسم «الإكليشيه».

٤ ـ طريقة الحفر الفوتوغرافي Photoengraving:

وهي طريقة شائعة الاستعمال في طبع الخرائط الصغيرة والرسوم البيانية الخاصة التي تطبع في الكتب والمجلات الدورية. والرسم الذي يطبع بها يجب أن يرسم بالحبر الصيني الأسود، وتتراوح مساحته بين مرة ونصف ومرتين قدر المساحة التي سترسم بها الخريطة. ويجب أن تكون جميع الخطوط التي تشملها الخريطة مرسومة بالحبر الثقيل أولاً، كما يجب أن لا تقل المسافة بين خط وآخر يجاوره في الخريطة عن ١٪ من البوصة، وكذلك يجب أن تكون النقط في الخريطة الأصلية كبيرة وواضحة لكي تظهر عند التصوير. أما الطريقة نفسها فتتلخص في أن الخريطة تصور ثم تصغر إلى المقياس المناسب المطلوب ثم تبسط الصورة السالبة فوق لوح حساس من الزنك الموضوع تحت لمبة كهربائية والمغطى بمادة بكرومات الألبومين (زلال البيض)، ولهذه المادة خاصية أنها تتجمد وتصبح غير قابلة للذوبان إذا تعرضت للضوء. ونظراً لأن الخطوط السوداء في الرسم ستكون شفافة في السلبية، عندئذٍ يمر الضوء إلى لوح الزنك الحساس فتتكون خطوط من المادة السابقة تطابق الرسم. وتتصلب الخطوط وتكون غير قابلة للذوبان. بعد ذلك يغسل لوح الزنك لإزالة المادة التي لم تتأثر

بالضوء. وتقوى تلك الخطوط على الصورة باستخدام مادة راتينجية مقاومة للأحماض (أو صمغ يقاوم الأحماض)، أما المساحات بين الخطوط فتحفر بواسطة حمض النتريك الذي يغمر فيه لوح الزنك أربع أو خمس مرات مما يؤدي إلى تآكل الزنك معه ثم يثبت اللوح على قطعة مستوية من الخشب سمكها بوصة، بحيث يكون سطح الصورة على نفس ارتفاع حرف الطباعة. وإذا كانت هناك مساحات واسعة في الرسم تترك أو تحفر أكثر حتى لا تكون عرضة لحمل بعض الحبر وإتلاف الخريطة عند الطبع. وهذا هو ما يعرف باسم «الكليشيه». وقبل استخدام هذا الاكليشيه في الطباعة يجب أن يجرب عدة مرات (شكل رقم ١١-١٠).

وقد يستخدم لوح من النحاس بدلاً من الزنك وتجري العملية نفسها فيما عدا استخدام أملاح كيميائية أخرى بدلاً من السابقة. ويعتبر استخدام النحاس في عمل الاكليشهات أدق من الزنك إذ أن الخطوط يمكن رسمها متقاربة أو متقاطعة، وهو أمر لا ينصح به عند استخدام الزنك وذلك لأن الخطوط قد تتشابك مع بعضها البعض عليه. ولكن قد يعاب على استخدام النحاس بأنه أغلى من الزنك.



(شكل رقم: ١١ ـ ١٠) طريقة طبع الخرائط بالحفر الفوتوغرافي.

٥ - الحفر بالشمع Wax-engraving:

يستخدم في هذه الطريقة لوح من الزنك أو النحاس الأملس ويغطى بطبقة من الشمع، ثم يحفر الرسم في الشمع بقلم حديد خاص بحيث يصل الحفر إلى اللوح دون أن يخدشه. وبعد ذلك يرش الشمع ببودرة الجرافيت لكي يصبح موصلاً كهربائياً ثم يغمر اللوح كله في حمام كهربائي فيلاحظ أن طبقة النحاس تترسب فوق الشمع. يلي ذلك رفع هذه الطبقة النحاسية، وتقوى لتصبح لوحاً جيداً للطباعة.

ومن مزايا هذه الطريقة أنها سهلة، كما أنه من الممكن كتابة أية أسماء على اللوح بسهولة مهما اختلفت أحجامها إذ أنه من السهل حفرها في الشمع.

٦ - الطبع الهكتوجرافي Hectography:

تتلخص هذه الطريقة في رسم خريطة على ورقة الحبر كتابه. أو بواسطة صبغة الالينين، ثم توضع الخريطة فوق لوح من الجلاتين المرطب بالماء. وعندئذٍ يمتص الجلاتين جزءاً من حبر الخريطةُ. ويمكن نسخ عدة نسخ من الخريطة قبل أن تضيع آثار الرسم. وتستخدم هذه الطريقة بصفة خاصة في نسخ المخطوطات.

٧ - الطبع على الورق الأزرق Blue printing:

يتم الطبع بهذه الطريقة على أساس رسم الخريطة على لوحة من الورق الشفاف (ورق الكالك) ثم توضع فوق ورق أزرق حساس في إطار خاص بحيث يكون الوجه المحسس من الورق خلف الخريطة الأصلية مباشرة ويحسس الورق الأزرق بطبقة رقيقة من أملاح خلات الحديدوز. وهي مادة تتحول إلى اللون الأزرق إذا تعرضت للضوء مبللة كانت أو غير مبللة، إذ تتحلل أملاح الحديد فيها وتوضع الخريطة الأصلية والورق الحساس في جهاز التصوير الشمسي بحيث تكون محصورة بين الغطاء الزجاجي للجهاز وقاعدته بطريقة لا تجعل هناك فراغات أو فقاقيع هوائية، وذلك باستخدام المضخة الماصة التي تمتص

الهواء المحصور من الغطاء الزجاجي والقاعدة الخشبية وتتم هذه العملية في حجرة مظلمة أو بضوء غير فعال، وعند تعريض الخريطة والورقة المحسسة لضوء الشمس أو لمصباح كهربائي قوي فإن الأشعة تنفذ من المساحة التي لا يغطيها الحبر، أما تحت خطوط الرسم في الخريطة فلا تتأثر الورقة المحسسة، وكذا يبقى مكانها أبيض اللون. وبعد ذلك تعالج الخريطة المطبوعة بمادة كيميائية لإزالة أملاح الحديدوز أو تثبيتها حتى لا تتأثر بالضوء.

وقد يستخدم في هذه الطريقة لطبع الخرائط مادة الألبومين التي يدخل في تركيبها زلال البيض، وهذه المادة تكون رطبة ولزجة بعض الشيء. وعند تعريضها لأشعة الشمس أو الضوء القوي فإن هذه الأشعة تعمل على تصلب المادة اللزجة الحساسة في حين أن المناطق تحت الخطوط السوداء لا تتصلب فوقها المادة الحساسة لعدم نفاذ الضوء فيها. وعند غسل الورقة بالماء فإنه يعمل على إزالة المناطق اللزجة الحساسة، كما يغسل المناطق المتصلبة من بقاياها. وتتوقف دقة الطبع بهذه الطريقة على الوقت اللازم لتعريض الخريطة لضوء الشمس، كما يتوقف ذلك على قوة أشعة الشمس ووزن ونوع ورق الكالك المرسوم عليه الخريطة الأصلية. وفي العادة تتراوح مدة تعريض الخريطة للشمس من نصف دقيقة إلى دقيقة واحدة.

ويمكن كذلك استخدام مادة سيانور الحديد لتحسيس ورق الطباعة والتي من خصائصها أن تظهر الأجزاء التي تتعرض للضوء يكون أبيض، بينما تظهر الخطوط التي لا ينفذ فيها الضوء كخطوط زرقاء. أما إذا استخدمت مادة أخرى مثل هيدرات الحديدوز فإن الورقة تظهر بيضاء بينما تظهر خطوط الرسم كيميائياً على الخريطة المطبوعة سوداء.

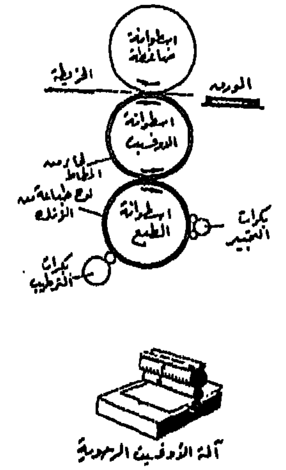
٨ ـ طريقة النشادر:

يتم طبع الخرائط في هذه الطريقة بنفس طريقة الطبع على الورق الأزرق. وتتلخص طريقة الطبع بها في وضع الخريطة المرسومة على ورق الكالك فوق

الورقة الحساسة داخل جهاز تصوير خاص قوي، فيؤدي ذلك إلى تصلب المادة الحساسة، ولكن لا يتغير لونها بل تظل محتفظة باللون الأصفر الفاتح، أما المساحات الواقعة تحت الخطوط المرسومة على الخريطة الأصلية فلا تتأثر بأشعة الشمس وتظل كما هي. وبعد إخراج اللوحة المحسسة من الجهاز تعرض لغاز النشادر في الدولاب الخاص الذي يعمل على إظهار الخطوط على اللوحة المحسسة. وتتفوق طريقة الطبع بالنشادر على طريقة الطبع على الورق الأزرق بأنها أسرع لعدم استخدام الماء والانتظار حتى تجف الخريطة المطبوعة.

٩ ـ طريقة الأوفسيت Offset:

قلنا آنفاً أن العيب الرئيسي في طريقة الطبع الليثوغرافي هو أن لوح الزنك المرسوم عليه الخريطة بطريقة معكوسة يجب تغييره بعد فترة (أي بعد طبع عشرة آلاف نسخة تقريباً) بسبب ضياع المعالم عليه نتيجة الاحتكاك الذي يحدث بين لوح الزنك وبين الأسطوانة الدوارة. وهذا العيب قد تم تقليله إلى أدنى درجة له مع طريقة الأوفسيت (شكل رقم ١٢ ـ ١٠) التي يستخدم فيها أسطوانة رحوية دوارة مغطاة بلحاء من المطاط وتدار فوق الأسطوانة المثبت عليها لوح الزنك المرسوم عليه الخريطة. وعند العمل تطبع صورة الخريطة على اللحاء المطاطي الموجود على الأسطوانة والذي عند دوران الأسطوانة ونتيجة للضغط تطبع الخريطة على الورق المار بين الأسطوانتين في آلة الطبع. وإذا حدث احتكاك فإنه يكون بسبب دوران الأسطوانات، كما أنه يكون فقط بين لوح الورق وبين الأسطوانة المطاطية والتي إذا حدث بها تلف فإنه يمكن تغييرها بسهولة. وبالتالي فإنه يمكن استخدام أنواع الأوراق التي يكون سطحها غير أملس تماماً أو التي تتشرب الحبر بسرعة في طبع الخرائط الدقيقة التفاصيل دون أن يبلى لوح الطباعة، وكل ما تتطلبه طريقة الطبع في هذه الحالة هو ترطيب لوح الطباعة وتزويده من حين لآخر بحبر الطباعة المستخدم في مثل هذه الأغراض.



(شكل رقم: ١٢ ـ ١٠) طريقة الأوفسيت في طبع الخرائط.

١٠ ـ طريقة الطبع الكهرغرافي **Xerography**:

أصبحت الطباعة بهذه الطريقة من الطرق الذائعة الانتشار في الآونة الأخيرة نظراً لسرعتها، كما أنها تحتل مكانة فريدة بين طرق الطبع التصويري المتنوعة للخرائط، إذ أنها تعتبر الطريقة الوحيدة التي لا تستخدم فيها محاليل أو تفاعلات كيمائية. ويعتمد إنتاج الصورة أو طبع الخريطة بها على التوصيل التصويري Photoconductivity وعلى الشحن الكهربائي لرقاقة خاصة (أسطوانة رحوية) مصنوعة من الألمونيوم ومغطاة بطبقة من السلنيوم Silinium والتي سرعان ما تفقد شحنتها الكهربائية الموجبة بمجرد انتشارها في المساحات المعرضة للضوء من الخريطة. وتطبع الصورة الناتجة بواسطة بودرة جرافيت ذات شحنة سالبة تلتصق بالصورة. وتستقبل الصورة على ورقة التصوير ذات الشحنة الموجبة التي توضع أمام أو بجوار الأسطوانة الرحوية عن طريق انتقال البودرة وتثبيتها على ورقة التصوير بواسطة الحرارة الناشئة من الإشعاع الضوئي القوي المنبعث من الآلة.

ونظراً لأن هذه العملية لا تتضمن مواد كيمائية فإنها توفر كثيراً من الوقت

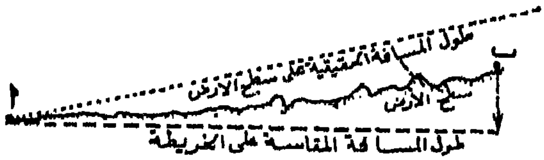
الذي كان يستنفذ في تحضير الكيماويات وفي التجفيف، كما أنها بالتالي تتميز بأن عملية الطبع فيها تتم في ثوان معدودة وبتكلفة زهيدة. وبعض الأجهزة التي تتم بها هذه الطريقة لها القدرة على تكبير أو تصغير الخريطة الأصلية قبل بداية عمل الطبع وذلك عن طريق بعض العدسات الخاصة الموجودة بداخل الجهاز.

الفصل الحادي عشر
طرق قياس المسافات والمساحات على الخرائط

يعتبر قياس المسافات وإيجاد المساحات على الخرائط من التطبيقات العملية لمقاييس الرسم والانتفاع به. فكثيراً ما نحتاج إلى قياس المسافة بين مدينتين أو نقطتين معلومتين أو قياس المسافات على طول الطرق أو الأبعاد الخطية الأخرى على الخريطة، كذلك قد نحتاج إلى معرفة قدر مساحة مهما اختلف شكلها على الخريطة. وفي كل هذه الأحوال سوف تواجهنا المشكلة الأساسية الخاصة بتمثيل سطح الأرض الكروي على لوحة مستوية وهي الخريطة. إذ لا بد أن يكون هناك فرق من أي نوع مهما كان شكل المسقط المستخدم. وكما نعرف أن أقصر مسافة بين نقطتين على سطح الأرض هي عبارة عن قوس أو منحنى يعتبر جزءاً من دائرة عظمى تمر بمركز الأرض، ولما كان هذا القول يتحول إلى مسافة أفقية على مستوى الخريطة فلا يمكن أن يكون القياس على الخريطة (المسقط الأفقي) مطابقاً تماماً لنفس المسافة على سطح الأرض (الكروي) مهما بلغت الدقة في القياس. وقد تمكن العلماء من التغلب على هذه المشكلة عن طريق وضع جداول خاصة تسمى (الجداول الجغرافية) والتي تشتمل على الأطوال الحقيقية لأقواس خطوط الطول ودوائر العرض، وكذلك الجداول التي تتضمن مساحة كل شكل رباعي تحدده درجة واحدة طولية وعرضية على سطح الأرض. وعلى كل حال، فإن أقرب القياسات إلى الدقة هي التي تتم على الخرائط الطبوغرافية والخرائط التفصيلية كبيرة المقياس. وذلك

لأن مثل هذه الخرائط تمثل مساحات صغيرة من سطح الأرض يكون التقوس فيها ضئيلاً ويبدو سطح الأرض مسطحاً بشكل تقريبي كسطح لوحة الخريطة التي تمثلها ومن ثم فإن القياس يكون مطابقاً تقريباً في الحالتين.

وهناك أيضاً مشكلة أخرى تواجه قياس المسافات على الخرائط وهي مشكلة تضرس سطح الأرض. فالمرتفعات والمنخفضات الموجودة على سطح الأرض لا يمكن تمثيلها بنفس شكلها المجسم في الطبيعة على سطح الخريطة المستوية وإنما تظهر في شكل خطوط كنتورية أو رسوم صغيرة تدل على الارتفاع والانخفاض. وبناءً عليه فإنه عند القيام بقياس البعد بين مكانين على الخريطة إحداهما منطقة مرتفعة مضرسة السطح والأخرى في منطقة منخفضة السطح فإن المسافة على الخريطة سوف تختلف عن مثيلتها في الطبيعة والتي ستكون في هذه الحالة أطول من المسافة على الخريطة (شكل رقم ١ ـ ١١).



(شكل رقم: ١ ـ ١١) اختلاف طول المسافة على الخريطة عن طولها الحقيقي حسب شكل سطح الأرض.

أولاً ـ طرق قياس المسافات (الأبعاد) على الخرائط:

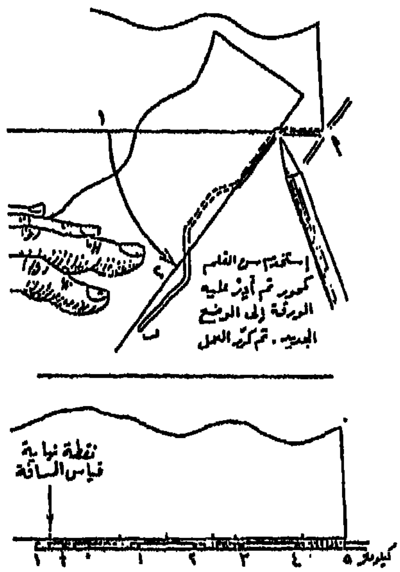
يتم قياس المسافات على الخرائط إما عن طريق المسطرة العادية أو باستخدام الخيط أو الفرجار أو المقسم أو باستعمال عجلة القياس. وفيما يلي شرح لكل طريقة على حدة.

١ ـ المسطرة العادية:

يعتبر استخدام المسطرة العادية في قياس المسافات على الخرائط من أبسط طرق القياس التي تحقق هذا الغرض، ولكن هذا الاستخدام مشروط بأن تكون المسافة ممتدة على شكل خط مستقيم. وفي هذه الطريقة نضع بداية القياس على المسطرة مع بداية المسافة المطلوب إيجاد طولها ونقرأ طول المسطرة المحدد للمسافة على الخريطة، ثم نضع المسطرة على المقياس الخطي للخريطة ونقرأ طول هذه المسافة بالكيلومتر أو الميل. وعلى الرغم من سهولة هذه الطريقة إلا أننا كثيراً ما نواجه أن الأبعاد أو الطرق المراد قياسها لا تكون دائماً على شكل خطوط مستقيمة بل في الأعم الأغلب أن تكون على شكل خطوط متعرجة بل وشديدة التعرج أحياناً. وهنا يجب أن نبحث عن طرقٍ أخرى لقياس مثل هذا النوع من الخطوط. ويمكن الاستغناء عن المسطرة العادية باستخدام قطعة من الورق على شكل شريط بحيث يكون حده المستخدم في القياس مستقيماً. ونبدأ بوضع بداية حافة الورقة على بداية الخط ثم نضع سن القلم الرصاص على الورقة في النقطة التي يتقوس عندها الخط أو الطريق، ثم ندير حافة الورقة بحيث تنطبق على طول القسم التالي من الطريق مع استخدام سن القلم كمحور تدور حوله الورقة بعد ذلك ننقل القلم إلى نهاية القسم التالي، ونكرر نفس الطريقة حتى ينتهي الخط (شكل رقم ٢ـ ١١) ثم نرفع الورقة ونضع حافتها على المقياس الخطي للخريطة وبذلك يمكن أن نقرأ طوله بالكيلومترات أو الأميال.

٢ ـ استخدام الخيط:

يمكن في هذه الطريقة تتبع الخط المتعرج الذي نريد قياسه وذلك باستخدام خيط رفيع يثبت طرفه عند بداية الخط ثم نتتبع بعناية كل ثنية على الخط إلى أن ينتهي الخط وبعد ذلك نشد الخيط على مسطرة لنعرف طول المسافة المقاسة بالسنتيمتر، ونطبق هذا الطول على المقياس الخطي للخريطة

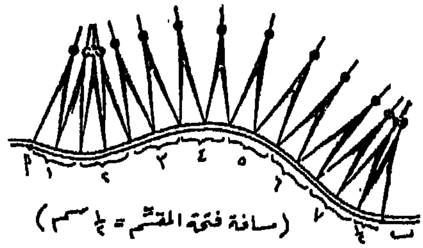


(شكل رقم: ٢ ـ ١١) طريقة استخدام شريط من الورق
في قياس مسافة متعرجة على الخريطة.

لمعرفة ما يقابل هذه المسافة بالكيلومترات.

٣ ـ استخدام الفرجار المقسم (أو الفرجار العادي):

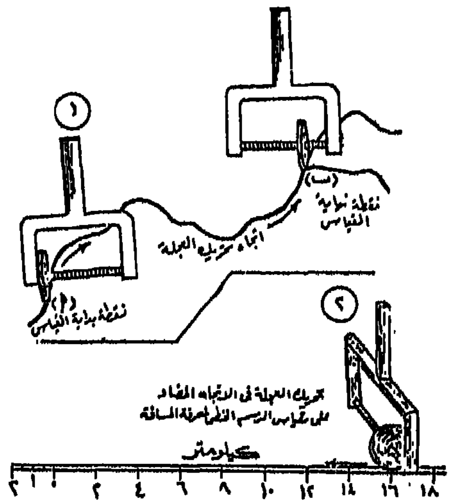
يمكن استخدام الفرجار المقسم Divider لقياس الخطوط المتعرجة أيضاً وذلك عن طريق فتح المقسم بمسافة معلومة (٢ ملم، ٣ ملم، ٥ ملم مثلاً) ثم نبدأ في قياس الخط مع بدايته إلى نهايته وذلك بعمل عدة نقلات للمقسم بشرط عدم رفعه عن الخط إلا في النهاية (شكل رقم ٣ ـ ١١) ثم تجمع أعداد النقلات وتضرب في طول فتحة المقسم لنحصل على طول الخط بالسنتيمتر. وينقل هذا الطول على المقياس الخطي للخريطة لنتمكن من معرفة طول الخط بالكيلومترات.



(شكل رقم: ٣ ـ ١١) استخدام المقسم في قياس المسافات على الخريطة.

٤ ـ استخدام عجلة القياس Opisometer :

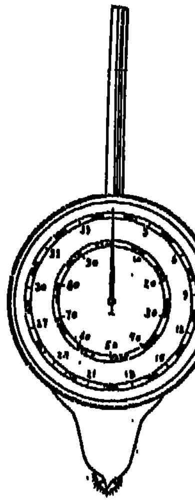
تعتبر عجلة القياس أسرع وأدق وسيلة لقياس المسافات أو الأبعاد المتعرجة على الخرائط وتوجد عجلة القياس على نوعين: النوع الأول منها بسيط ورخيص الثمن ويتكون من يد حديدية صغيرة تنتهي بذراعين بينهما محور حلزوني تدور عليه عجلة صغيرة (شكل رقم ٤ ـ ١١). وفي عملية القياس نضبط العجلة بحيث يتكون على الذراع اليسرى للآلة ثم نبدأ القياس على الجهة



(شكل رقم: ٤ أ ـ ١١) طريقة قياس المسافات على الخريطة بواسطة عجلة القياس البسيطة.

اليسرى للخط ـ أي مع اتجاه عقارب الساعة ـ فيتعين الخط حتى نهايته وفي هذه الحالة تكون العجلة قد بعدت عن الذراع اليسرى بمسافة قليلة كانت أم كبيرة. ونثقل العجلة بعد ذلك وهي في وضعها الجديد بعد نهاية القياس إلى المقياس الخطي وتحركها في الاتجاه المضاد (أي ضد عقارب الساعة) حتى تعود مرة أخرى إلى وضعها الأول بجوار الذراع اليسرى ونقرأ المسافة التي قطعتها العجلة في عودتها على المقياس الخطي وبذلك نحصل على طول الخط بالكيلومترات ويفضل أن نجري القياس أكثر من مرة ونستخرج متوسط القياسات وذلك لضمان دقة القياس.

والنوع الثاني من عجلة القياس أكثر دقة وتعقيداً من النوع الأول. وتتكون هذه العجلة من قرص مستدير له يد للإمساك، ويوجد على القرص دائرتان مقسمتان: الدائرة الداخلية مقسمة إلى ٩٩ قسماً تقيس إلى كيلومترات (أي ٩٩ كيلومتراً)، أما الدائرة الخارجية وهي الأكبر بالطبع فمقسمة إلى ٣٩ قسماً تقيس الأميال (أي ٣٩ ميلاً). ويتحرك من مركز القرص، أي من مركز الدائرتين مؤشر يشبه عقرب الساعة تتحكم في حركته ترس صغير في أسفل قرص العجلة. وعند قياس طول أي خط متعرج يجب أن يضبط المؤشر على الصفر بالنسبة للدائرتين ثم نضع ترس العجلة على بداية الخط ونحركها في اتجاه دوران عقرب الساعة على الخط بمنتهى الدقة إلى أن ينتهي القياس فنرفع العجلة ونقرأ الرقم الذي وصل إليه المؤشر، إما على دائرة الأميال إذا كان مقياس رسم الخريطة الخطي يقيس إلى كيلومترات أو إلى أميال. وسوف تكون القراءة على أي من الدائرتين قراءة مباشرة للطول المقاس للخط إذا كانت الخريطة بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠٠٠ أي سنتيمتر واحد لكل كيلومتر وذلك لأن كل سنتيمتر تسير به العجلة على الخريطة يساوي قسماً من دائرة الكيلومترات ويقطعه المؤشر في حركته، فمثلاً إذا سارت العجلة ١٠ سنتيمتر على الخريطة تحرك المؤشر إلى نهاية القسم العاشر الذي يمثل في هذا المقياس ١٠ كيلومتر، كذلك ستكون القراءة مباشرة على دائرة الأميال إذا كان مقياس رسم الخريطة ١ : ٦٣٣٦٠ (أي بوصة واحدة لكل ميل).



(شكل رقم: ٤ ب ـ ١١) عجلة قياس المسافة على الخرائط (النوع الدقيق).

أما إذا اختلف مقياس رسم الخريطة عن هذين المقياسين الأساسيين السابقين فيجب إجراء بعض العمليات الحسابية التكميلية لمعرفة طول الخط أو المسافة. وتعتمد هذه الحسابات على قيمة مقياس الرسم الخاص بالخريطة التي يجري عليها القياس وهل هو أكبر أم أصغر من المقياس الأساسي ١ : ١٠٠٠٠٠ أو ١ : ٦٣٣٦٠ فمثلاً إذا كان المقياس أكبر أي ١ : ٥٠٠٠٠ فمعنى هذا أن السنتيمتر الذي تسير به العجلة على الخريطة يساوي نصف كيلومتر، وباختصار نضرب الرقم الذي قرء على دائرة الكيلومتر في القيمة مساوياً لمقياس الرسم الأكبر من كسور الكيلومتر.

مثال: إذا كانت قراءة المؤشر على دائرة الكيلومترات ١٥ وكان مقياس رسم الخريطة ١ : ٢٠٠٠٠٠ (أي السنتيمتر الواحد يساوي خمسة كيلومترات) إذن

طول الخط المقاس في هذه الحالة هو ١٥ × $\frac{١}{٥}$ = ٣ كيلومترات.

أما إذا كان مقياس رسم الخريطة أصغر من المقياس الأساسي، مثلاً ١ : ٥٠٠٠٠٠ فمعنى ذلك أن السنتمتير الواحد (وبالتالي القسم الواحد على دائرة الكيلومترات) يساوي ٥ كيلومترات، وباختصار نضرب الرقم المقروء على دائرة الكيلومترات في ما يساويه مقياس الأصغر بالكيلومترات.

مثال: إذا كانت قراءة المؤشر على دائرة الكيلومترات هو ٨ وكان مقياس رسم الخريطة ١ : ٣٠٠٠٠٠ فإن طول المقياس في هذه الحالة هو ٨ × ٣ = ٢٤ كيلومتراً.

وعندما نقيس على دائرة الأميال تطبق نفس الإجراءات التي ذكرناها مع ملاحظة أن البوصة ستستبدل بالسنتيمتر والميل بالكيلومتر، ولتسهيل عملية قياس المسافات والأبعاد على الخريطة بواسطة عجلة القياس ظهرت في الآونة الأخيرة عجلة قياس من نفس النوع ولكن مرسوم عليها ثلاث دوائر بدلاً من دائرتين. والدوائر الثلاث مقسمة على كل وجه من وجهي القرص. وكل دائرة من هذه الدوائر تمثل مقياس رسم كيلومتري معين مكتوب عليها، وهذه المقاييس هي: ١ : ١٠٠٠٠٠، ١ : ٥٠٠٠٠، ١ : ٢٥٠٠٠ وذلك من الداخل إلى الخارج على الترتيب. وهذه هي المقاييس الشائعة على الخرائط. وكل ما يطلب بعد عملية القياس هو قراءة الرقم الذي يشير إليه المؤشر على دائرة المقياس المطابق تماماً لمقياس رسم الخريطة، وستكون القراءة بالكيلومترات مباشرة.

ثانياً ـ طرق قياس المساحات على الخرائط

يعتبر إيجاد مساحة المسطحات الكبيرة أو الصغيرة من الخريطة من الأعمال الجغرافية الهامة والشائعة الاستعمال نظراً لسهولتها عن إيجاد المساحات الطبيعية التي تحتاج إلى وقت ومجهود كبيرين. وبما أن المساحات التي يتعامل معها الجغرافي هي عبارة عن المسقط الأفقي لنظيرتها الحقيقية في

الطبيعة إذ أن المسافات على الخريطة دائماً هي المسافات الأفقية وليست المائلة فإنها قد تحتوي على أخطاء خاصة بالرسم والتوقيع. وتتوقف دقة نتائج المساحات التي نحصل عليها ومطابقتها لمثيلتها في الطبيعة. أولاً: على دقة القياس في الطبيعة سواء أكانت هذه القياسات للزوايا أو الأطوال، وثانياً: على دقة توقيع الرسم على الخريطة، وثالثاً: على دقة الطريقة المتبعة في حساب مساحة المسطح المطلوب.

وبصفة عامة يمكن تقسيم الطرق المستخدمة لإيجاد مساحة المساحات من الخريطة إلى ثلاثة أقسام هي:

١ ـ الطرق الحسابية: وهي أدق الطرق التي تطبق في حالة إمكان تقسيم المسطحات إلى أشكال هندسية منتظمة (مثلث، مستطيل، دائرة، شبه منحرف. . . إلخ). وبذلك يمكن استخدام قوانين رياضية خاصة بالأشكال المنتظمة.

٢ ـ الطرق نصف الحسابية: وهي طرق تطبق في حالة وجود مسطحات تبدو في شكل شرائح من نفسها أو مسطحات طبيعية يمكن تقسيمها إلى شرائح وتستعمل قوانين خاصة لإيجاد مساحتها.

٣ ـ الطرق الميكانيكية: وهي الطرق التي تعتمد على استخدام أجهزة معينة لإيجاد المساحات المختلفة والكثيرة التعاريج. ومن أهم الأجهزة المستخدمة في هذا الصدد هو جهاز البلانيميتر.

١ ـ الطرق الحسابية لإيجاد المساحات

لإيجاد المساحات بالطرق الحسابية يجب أن تقسم قطعة الأرض على الخريطة إلى مجموعة من الأشكال الهندسية المنتظمة، ثم تحسب مساحة هذه الأشكال وبجمعها نحصل على المساحة الكلية لقطعة الأرض. ويستخدم في ذلك قوانين الأشكال المنتظمة (شكل رقم ٥ ـ ١١) وذلك على النحو التالي:

مثلث معلوم فيه ضلعان والزاوية بينهما = $\frac{١}{٢}$ ب′ جـ′ حا أ

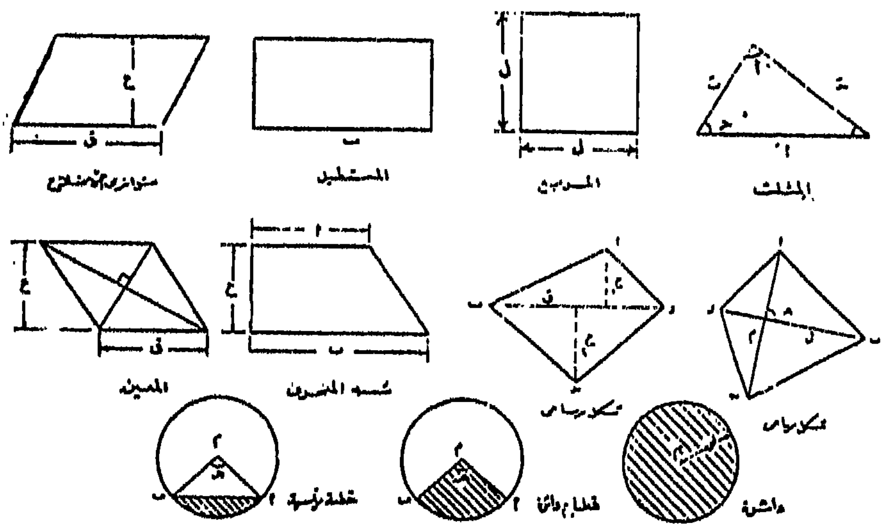
= نصف حاصل ضرب الضلعين × جيب الزاوية المحصورة بينهما.

مثلث معلوم فيه أضلاعه الثلاثة = $\sqrt{\text{ح (ح − أ′) (ح − ب′) (ح − جـ′)}}$

حيث ح = $\frac{١}{٢}$ (أ′ + ب′ + جـ′) = نصف المحيط

مثلث معلوم زواياه وضلع = $\frac{\text{أ}^{٢}\ \text{حا ب جا حـ}}{\text{٢ جا أ}}$

المعين (متوازي أضلاع كل أضلاعه متساوية) = $\frac{١}{٢}$ حاصل ضرب القطرين.



(شكل رقم: ٥ ـ ١١) مساحة الأشكال المنتظمة.

مساحة المربع = $ل^{٢}$

مساحة المستطيل = أ × ب

مساحة متوازي الأضلاع = القاعدة × الارتفاع = ق × ع

مساحة شبه المنحرف = $\frac{١}{٢}$ مجموع القاعدتين × الارتفاع = $\frac{١}{٢}$ (أ + ب) ع

مساحة أي شكل رباعي = $\frac{١}{٢}$ حاصل ضرب القطرين × جيب الزاوية بينهما

= $\frac{١}{٢}$ م ل جا هـ

= ق $\left(\frac{ع١ + ع٢}{٢}\right)$

مساحة الدائرة = ط $نق^{٢}$ = ط $\frac{ق ٢}{ع}$

القطاع الدائري = $\frac{هـ}{٣٦٠}$ ط $نق^{٢}$ = ٠٠٨٧٢٧, هـ $نق^{٢}$

حيث هـ بالدرجات

القطاع الدائري = $نق^{٢}$ (٠٠٨٧٢٧, هـ - $\frac{١}{٢}$ جا هـ)

قطع دائري مفلطح = $\frac{٢}{٣}$ ل ع تقريب

جزء من قطع مكافىء = $\frac{٢}{٣}$ ل ع

القطاع الناقص = ط × أ × ب (أ، ب نصفي المحورين)

المساحة الجانبية للمخروط = ثلث الراسم × محيط القاعدة

شكل منتظم عدد أضلاعه (ن) = $\frac{١}{٤}$ ن حـ^{٢} ظتا ($\frac{١٨٠}{ن}$)

حيث حـ طول الضلع

مساحة المخمس المنتظم = ١,٧٢ حـ^{٢}

مساحة المسدس المنتظم = ٢,٢ حـ^{٢}

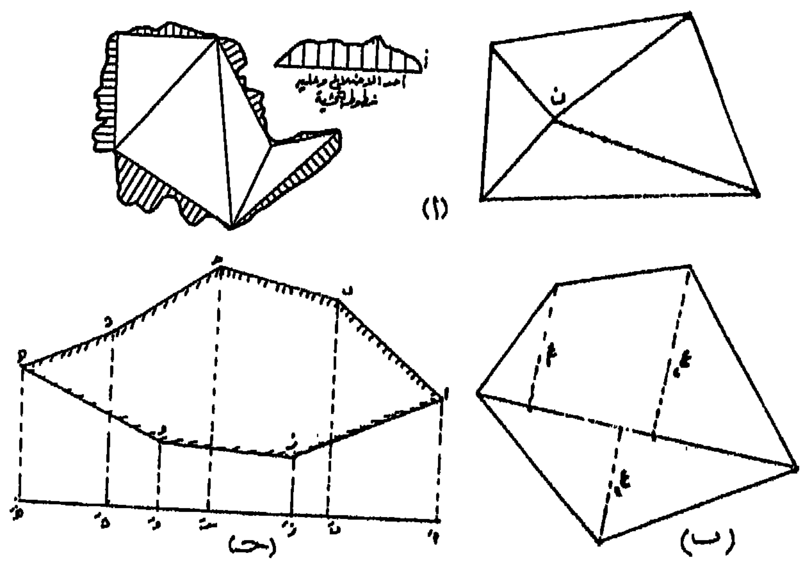
مساحة المثمن المنتظم = ٤,٨٣ حـ^{٢}

ويمكن تحديد مساحة الأشكال المحددة بخطوط مستقيمة بإحدى الطرق الآتية:

طريقة التقسيم إلى مثلثات أو أشباه منحرفات:

وفيها يقسم الشكل إلى مثلثات فقط (شكل رقم ٦ ـ ١١)، إما بتوصيل الأقطار أو من نقطة داخلة إذا كانت الأقطار طويلة أو يعترضها عقبات ثم نحسب مساحة المثلثات عن طريق ارتفاعها وقاعدتها أو أطوال أضلاعه وهي الأفضل. أو يقسم الشكل إلى مثلثات وأشباه منحرفات ونحدد مساحة كل منهما على

حدة، ويكون خط القاعدة الذي يقسم الشكل على أساسه إما داخل (شكل رقم ٦ ب ـ ١١)، أو خارجه (شكل رقم ٦ جـ ـ ١١). ويلاحظ في الحالة الأخيرة أنه يجب طرح بعض الأجزاء من مساحة البعض الآخر حتى نحصل على مساحة الشكل المطلوب. فمساحة الشكل أ ب حـ د هـ و ز عبارة عن الفرق بين مساحتي المضلعين أ هـ هـ د حـ ب أ، أ هـ هـ و ز أ وفيما يلي طريقة إيجاد مساحة كل من الضلعين (الأكبر والأصغر) إذا كانت الأطوال على خط القاعدة وأطوال الأعمدة الساقطة عليه معلومة والفرق بين مساحة المضلعين سيكون ضعف المساحة الحقيقية، ولذا يجب أن نأخذ نصفها فقط لنحصل على المساحة المطلوبة.



(شكل رقم: ٦ ـ ١١) تحويل الأشكال المنتظمة إلى مثلثات وأشباه منحرفات.

المضلـع الأصغـر					المضلـع الأكبـر				
الابعـاد		ضعف المساحة			الابعـاد		ضعف المساحة		
من أ إلى هـ بالمتر	الرأسيات بالمتر	مجموع الرأسين	المسافة العمودية	الناتج	من هـ إلى أ بالمتر	الرأسيات بالمتر	مجموع الرأسين	المسافة العمودية	الناتج
صفر	٥٠				صفر	٥٠			
٦٠	١٠	٦٠	٦٠	٣٦٠٠	٣٠	٩٠	١٤٠	٣٠	٤٢٠٠
١٢٠	٤٠	٥٠	٦٠	٣٠٠٠	٦٠	١١٠	٢٠٠	٣٠	٦٠٠٠
١٦٠	٦٠	١٠٠	٤٠	٤٠٠٠	١٢٠	٧٠	١٨٠	٦٠	١٠٨٠٠
					١٦٠	٦٠	١٤٠	٤٠	٦٤٠٠
المجموع				١٠٦٠٠					٢٧٤٠٠

ضعف المساحة المطلوبة = ٢٧٤٠٠ – ١٠٦٠٠ = ١٦٨٠٠

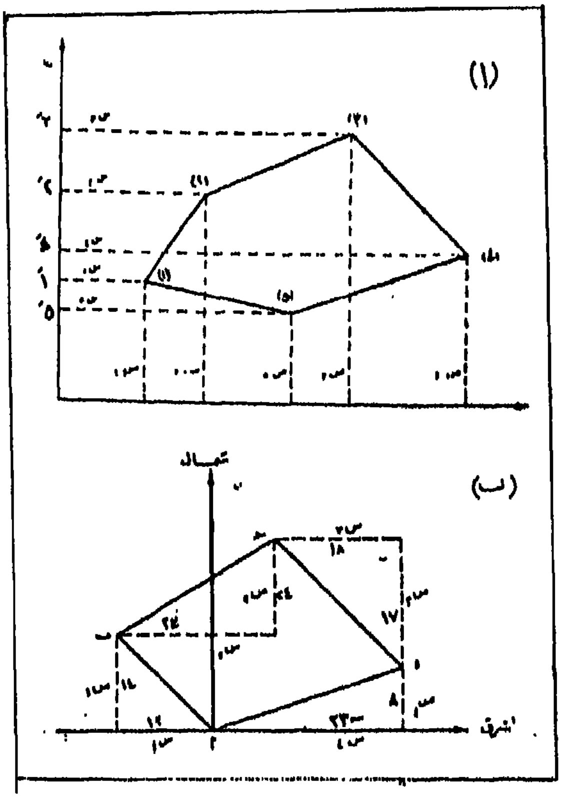
المساحة المطلوبة = ٨٤٠٠ متراً مربعاً.

٢ ـ المساحة باستخدام إحداثيات النقط:

يمكن إيجاد المساحة باستخدام إحداثيات النقط بالطريقة الآتية:

نفترض أن لدينا الشكل المحدد بالنقط ١ ـ ٢ ـ ٣ ـ ٤ ـ ٥ ـ ٦ المرتبة في اتجاه دائري واحد (شكل رقم ٧ ـ ١١)، والمطلوب إيجاد مساحته بطريق الاحداثيات فإننا نحسب إحداثيات رؤوس المضلع وكان عبارة عن: (س ٢،

ص ٢)، (س ٣، ص ٣)، (س ٤، ص ٤)، (س ٥، ص ٥) نرتب بعد ذلك إحداثيات كل نقطة على هيئة كسر اعتيادي بسيط يكون الإحداثي السيني (أو الاحداثي الصادي) لكل النقط ومقامه الاحداثي الصادي (أو الاحداثي السيني) لكل النقط. وتوضع الكسور بطريقة دائرية واحدة بحيث تنتهي بإحداثيات النقطة التي بدأنا منها ويجب وضع الاحداثيات بإشارتها الجبرية. ثم نضرب كل بسط في مقام الكسر التالي بالنسبة لكل الكسور، وكذلك نضرب كل مقام في بسط المقام التالي لكل الكسور، نجمع كل حاصل ضرب البسط في المقام وحده



شكل رقم (٧ ـ ١١) (أ) إيجاد المساحة باستخدام إحداثيات النقط
(ب) إيجاد المساحة باستخدام مركبات الأضلاع

وكذلك نجمع حاصل ضرب المقام في البسط وحده أيضاً فيكون الفرق الجبري بينهما هو ضعف المساحة. ويمكن وضع معادلة إيجاد المساحة بطريقة الاحداثيات كما يلي:

$$\text{المساحة} = \left[\frac{١}{٢} \times \frac{س^{١}}{ص_{١}} \times \frac{س^{٢}}{ص_{٢}} \times \frac{س^{٣}}{ص_{٣}} \times \frac{س^{٤}}{ص_{٤}} \times \frac{س^{٥}}{ص_{٥}} \times \frac{س^{٦}}{ص_{٦}}\right]$$

وتتميز هذه الطريقة بأن حساب مساحة الأشكال لا يحتاج إلى رسم مضلعاتها وبالتالي تتفادى الأخطاء المحتملة الخاصة بالرسم والأخطاء المحتملة نتيجة انكماش ورق الرسم أو تمدده.

مثال:

المطلوب إيجاد مساحة الشكل المعلوم إحداثيات رؤوسه بالمتر على النحو التالي:

صفر	١٦,٣+	١٨,٧+	١٩,٦-	١٩,٦-	١٦,٤+	صفر
صفر	٦,٨+	١٦,١-	١١,٩-	١٥,٢-	١٧,٨+	صفر

الحل:

المساحة = $\frac{١}{٢}$ (صفر-٢٦٢,٤٣-٢٢٢,٥٣+٢٩٧,٩٢-٣٣٩,٩٨ + صفر)

= (٢٧,١٦ + ٣١٥,٥٦ + ٢٩٧,٩٢ - ٣٤٨,٨٨ + صفر)

= $\frac{١}{٢}$ (-٥٢٧,٢ - ٤٢٠,٧٣)

$\frac{١}{٢}$ (٩٤٧,٧٥) ٤٧٣,٨٧٥ متراً تقريباً

المساحة باستخدام مركبات الأضلاع:

يمكن إيجاد مساحة أي شكل مضلع مقفل على أساس أن هذه المساحة تساوي المجموع الجبري لحاصل ضرب مسقط كل ضلع على المحور الصادي في العمود الساقط من منتصف هذا الضلع على محور الصادات، وذلك على اعتبار أن المجموع الجبري للمركبات الأفقية وللمركبات الرأسية للمضلع المقفل كل منهما على حدة تساوي صفراً. وتعرف المركبة الأفقية بأنها عبارة عن طول الضلع في جيب زاوية الانحراف المختصر لهذا الضلع، بينما تعرف المركبة الرأسية بأنها تساوي طول الضلع في جيب تمام الانحراف المختصر للضلع.

وتتلخص طريقة إيجاد المساحة بالحصول على المركبات الأفقية والرأسية للمضلع وتدوينها في الجدول الذي تؤخذ فيه المركبة الأفقية باعتبارها مسقط الضلع على المحور الصادي ويكون ضعف العمود هو الإحداثي الصادي أو العكس فيمكن إبدال الإحداثي الصادي بالإحداثي السيني كضعف للعمود. فإذا كان لدينا مثلاً مضلع مقفل أ ب جـ د أ (شكل رقم ٧ ب ـ ١١) والمركبات الأفقية والرأسية لأضلاعه أ ب، ب جـ، د أ هي على الترتيب س^{١} ص^{١}، س^{٢} ص^{٢}، س^{٣} ص^{٣}، س^{٤} ص^{٤}، وتدون المركبات والأضلاع كما في الجدول التالي:

الضلع	المركبات الأفقية	المركبات الرأسية	ضعف العمود	ضعف العمود، المسقط
أ ب	$س_{١}$	$ص_{١}$	$ص_{١}$	$س_{١}$ $ص_{١}$
ب جـ	$س_{٢}$	$ص_{٢}$	(٢ $ص_{١}$) + $ص_{٢}$	$س_{٢}$ (١ $ص_{١}$ + $ص_{٢}$)
جـ د	$س_{٣}$	$ص_{٣}$	٢ ($ص_{١}$ + $ص_{٢}$) $ص_{٣}$	$س_{٣}$ [٢ ($ص_{١}$ + $ص_{٢}$)+ $ص_{٣}$]
د أ	$س_{٤}$	$ص_{٤}$	٢ ($ص_{١}$ + $ص_{٢}$ + $ص_{٣}$ + $ص_{٤}$)	$س_{٢}$ (٢$ص_{١}$ + $ص_{٢}$ + $ص_{٣}$) + $ص_{٤}$

نلاحظ أننا أخذنا المركبة الرأسية (بإشارتها الجبرية) لحساب ضعف العمود الساقط والمركبة الأفقية كمسقط للأضلاع على المحور الصادي. وتجمع نتيجة حاصل ضرب ضعف العمود في المسقط بإشارتها الجبرية لكل ضلع ويقسم الناتج على ٢ فينتج المساحة، وإذا كانت النتيجة بها إشارة سالبة فيمكن التغاضي عن الإشارة ويكون الناتج العددي وهو المطلوب فقط. ويمكن كما ذكرنا استبدال المركبة الأفقية بدلاً من الرأسية لحساب ضعف العمود ويعتبر ذلك تحقيقاً لعملية إيجاد المساحة.

مثال:

أوجد مساحة المضلع أ ب جـ د المبين في الشكل رقم (١٤ ـ ٧ ب) والمبينة مركبات أضلاعه في الجدول التالي:

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية	ضعف العمود	العمود ـ المسقط
أ ب	-١٣	+١٤	+ ١٤	- ١٣ × + ١٤ = - ١٨٢
ب جـ	٢٣	+٢٤	٢ (١٤) + ٢٤ = ٥٢	+ ٢٣ × + ٥٢ = + ١١٩٦
جـ د	+ ١٦	-١٧	٢ (١٤ + ٢٤) - ١٧ = ٥٩	+ ١٦ × + ٥٩ = + ٩٤٤
د أ	-٢٢	-٨	٢ (١٤ + ٢٤ - ١٧) - ٨ = ٣٤	- ٢٢ × + ٣٤ = - ٧٤٨
المجموع الجبري ١٢١٠				

$$\text{المساحة} = \frac{١٢١٠}{٢} = ٦٠٥ \text{ أمتار مربعة}$$

ويمكنك أن تعيد الحساب مرة أخرى للتحقيق باستبدال المركبة الرأسية بالمركبة الأفقية لحساب العمود وإيجاد حساب ضعف العمود في المسقط الذي سيكون في هذه الحالة هو المركبة الرأسية وإيجاد المساحة الكلية بنفس الطريقة.

٢ ـ الطرق نصف الحسابية لإيجاد المساحات

نستعمل هذه الطرق لإيجاد مساحة المسطحات التي تمتد كشرائح، والمسطحات الضيقة. وتتلخص طريقة إيجاد المساحة بها في تشكيل مضلع أو تحويل الشكل إلى مضلع مكافىء أو تقسيم الشكل إلى أجزاء متساوية بأخذ خط

أو محور يوازي طول الشكل ثم عن طريق تقسيمه إلى أقسام متساوية وإقامة أعمدة من نقط التقسيم يمكن أن نحصل على مساحة الشكل بإحدى الطرق الآتية:

(أ) طريقة الحذف والإضافة (طريقة المضلع المكافىء).

(ب) طريقة شبكة المربعات.

(جـ) طريقة الخطوط المتوازية.

(د) طريقة متوسط الارتفاعات.

(هـ) طريقة أشباه المنحرفات.

(و) طريقة سمسون.

(ز) طريقة شبكة النقط.

وفيما يلي عرض موجز لكل طريقة على حدة.

(أ) طريقة الحذف والإضافة (طريقة المضلع المكافىء):

يعتمد حساب المساحة بهذه الطريقة على التوفيق في تحويل المساحة على الخريطة والتي تكون غالباً كثيرة التعاريج إلى مضلع يكافئها أي يساويها في المساحة ويكون ذلك بتحديد خطوط مستقيمة حول الشكل المتعرج وتوضع هذه الخطوط المستقيمة حول الشكل المتعرج المراد إيجاد مساحته بحيث تتساوى مساحة الأجزاء المضافة خارج المساحة والأجزاء المحذوفة داخل الشكل (شكل رقم ٨ أ ـ ١١) ثم تحسب مساحة المضلع المكافىء بإحدى الطرق السابق ذكرها.

(ب) طريقة شبكة المربعات:

تعتبر هذه الطريقة أفضل من الطريقة الأولى على الرغم من أن دقتها تقريبية ولكنها تعطي نتائج جيدة إذا كانت المربعات صغيرة. وفي هذه الطريقة ترسم شبكة من المربعات على ورقة شفاف وتوضع فوق الخريطة أو نرسم

المربعات فوق الخريطة مباشرة، والطريقة الأولى أفضل منعاً لتشويه الخريطة وتعد المربعات الكاملة (أي الصحيحة) التي يتضمنها الشكل ثم نقدر الكسور من المربعات ونحولها إلى مربعات كاملة تضاف للعدد الأول منها (شكل رقم ٨ب ـ ١١)، ويكون التقدير إما بالنظر أو بمربعات أصغر وتكون المساحة المطلوبة مساوية لعدد المربعات وكسورها مضروباً في مساحة المربع في الرسم المضروب في مربع مقياس الرسم.

فمثلاً إذا كان عدد المربعات الكلي + الكسور = ١٠٠,٦ ومقياس رسم الخريطة ١ : ١٠٠٠ وكان طول ضلع المربع ١ سم فتكون المساحة هي:

٦,١٠٠×١×١×(١٠٠٠)^{٢}= ١٠٠٦٠٠٠٠٠ سنتيمتر مربع = ١٠٠٦٠ متراً مربعاً.

(جـ) طريقة الخطوط المتوازية:

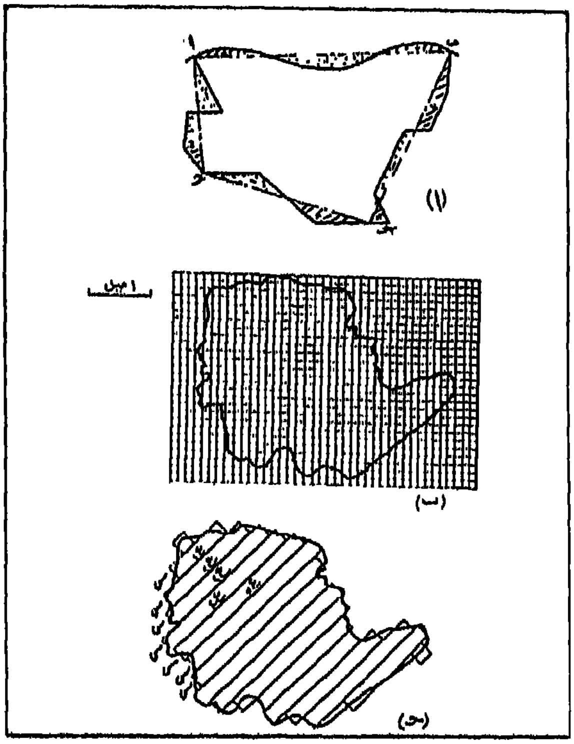
تتلخص هذه الطريقة في تقسيم المسطح المطلوب إيجاد مساحته إلى شرائح أو شرائط متساوية العرض ثم تحول كل شريحة أو شريط إلى مستطيل يكافئها في المساحة ويشترك معها في العرض (شكل رقم ٨ جـ ـ ١١) بأن يحذف جزء من الشريحة ونضيف إليها جزء يساويه في المساحة تقريباً. فإذا كان عرض كل شريحة هو ع وأطوال الشرائح هي س$_{١}$، س$_{٢}$، س$_{٣}$...، س$_{ن}$ فتكون المساحة:

ع (س١٢ + س$_{٢}$ + س$_{٣}$ +..... + س$_{ن}$)

وإذا كانت هناك شريحة لا يمكن تحويلها إلى مستطيل فإننا نأتي بمساحتها على حدة بقياس ارتفاعها وتحويلها إلى مستطيل أيضاً كما سبق.

(د) طريقة متوسط الارتفاعات:

تعتبر هذه الطريقة من الطرق التقريبية لإيجاد المساحات ولذلك فإنها تستعمل للحصول على فكرة سريعة عن المساحة، وتتلخص هذه الطريقة في حساب المساحة الكلية للمسطح على أساس أخذ متوسط الأعمدة التي تقام على



(شكل رقم: ٨ ـ ١١) (أ) طريقة الحذف والإضافة .
(ب) طريقة شبكة المربعات .
(جـ) طريقة الخطوط المتوازية .
الطرق نصف الحسابية لإيجاد المساحات .

المحور (خط القاعدة) الذي يوازي طول شكل المسطح، وقد يكون المحور داخل الشكل أو خارجه (شكل رقم ٩ ـ ١١) بعد تقسيمه إلى أقسام متساوية وبذلك تحول المساحة كلها إلى مستطيل طوله عبارة عن طول المسطح وارتفاعه هو متوسط ارتفاعات الأعمدة وبذا فإن:

$$\text{المساحة} = \text{طول المسطح} \times \frac{\text{مجموع أطوال الأعمدة}}{\text{عدد الأعمدة}}$$

$$= \text{ق} \times \text{س} \times \frac{\text{ع}_1 + \text{ع}_2 + \text{ع}_3 + \cdots \text{ع}_\text{ن}}{\text{ن}}$$

حيث ق = عدد الأقسام

س = عرض أي قسم (المسافة بين كل عمودين متتاليين)

ن = عدد الأعمدة

(هـ) طريقة أشباه المنحرفات:

تعتبر هذه الطريقة أدق من سابقتها كثيراً وتزداد دقتها كلما ازداد عدد الأقسام على المحور أو خط القاعدة. وهي لذلك تستعمل كثيراً وبصفة خاصة إذا كانت حدود المسطح الذي يراد إيجاد مساحته عبارة عن خطوط مستقيمة أو قريبة منها. أما إذا كانت الحدود كبيرة الانحناء فإن إيجاد المساحة بهذه الطريقة لا يعطي نتائج جيدة إلا إذا كانت المسافات بين الأعمدة صغيرة، فمثلاً إذا كانت حدود الشكل تعطى له صفة التقعر فإن المساحة تكون أكبر من الحقيقة والعكس إذا كان الشكل محدباً. وتتلخص هذه الطريقة في حساب المساحة على أساس أن كل قسم عبارة عن شبه منحرف قاعدتيه هما العمودان وارتفاعه هو طول القسم على خط القاعدة (المحور) ففي الشكل رقم (٩ أ ـ ١١) نجد أن:

$$\text{المساحة} = \frac{1}{2}\text{س}\ (\text{ع}1 + \text{ع}2) + \frac{1}{2}\text{س}\ (\text{ع}1 + \text{ع}3) + \frac{1}{2}\text{س}\ (\text{ع} + \text{ع ن} + 1)$$

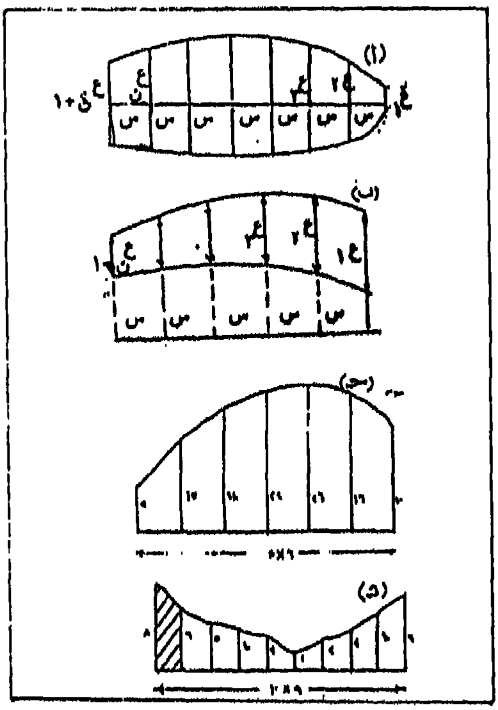
ومنها ينتج أن:

$$\text{المساحة} = \frac{1}{2}\,\text{س}\,(\text{ع}_1 + 2\,\text{ع}_2 + 2\,\text{ع}_3 + \ldots\ldots + \text{ع}_{\text{ن}+1})$$

= نصف العرض المشترك (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الباقية).

(و) طريقة سمسون Simpson Rule:

تستعمل طريقة سمسون إذا كانت حدود الشكل الذي يراد إيجاد مساحته



(شكل رقم: ٩ ـ ١١) (أ، ب) طريقتا متوسط الارتفاعات وأشباه المنحرفات (جـ، د) طريقة سمسون لإيجاد المساحة.

منحنية تماماً، أي لا توجد به كسرات حادة أو نقط مدببة (شكل رقم ٩ ب ـ ١١) بمعنى أنه يمكننا اعتبار أن كل ٣ نقط من الحدود عبارة عن منحنى قطع مكافىء، وهي بذلك تعتبر أدق الطرق وأفضلها. وتقوم طريقة سمسون على أساس اتساق المنحنى الذي يحدد المساحة وتقسيم الشكل بمجموعة من الأعمدة التي تقام من نقط التقسيم المتساوي على المحور أو خط القاعدة في الشكل. وتطبق المعادلة الآتية لحساب المساحة وتسمى (قاعدة سمسون) لإيجاد المساحة.

المساحة = $\frac{\text{س}}{\text{٣}}$ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الفردية

الباقية + أربعة أمثال الأعمدة الزوجية)

$$\frac{\text{س}}{\text{٣}}[\text{ع}_{١} + \text{ع}_{ن} + ٢(\text{ع}_{٣} + \text{ع}_{٥} + \text{ع}_{٧}) + ٤(\text{ع}_{٢} + \text{ع}_{٤} + \text{ع}_{٦} \ldots\ldots)]$$

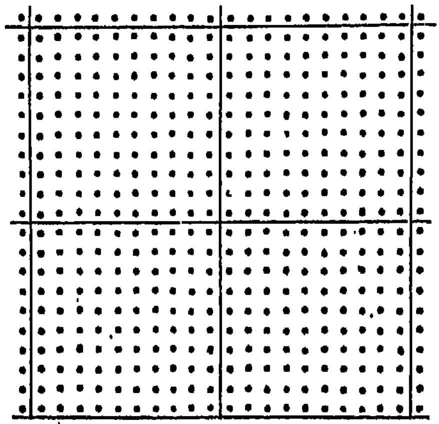
ويراعى أن يكون عدد الأقسام على خط القاعدة زوجياً وإذا كان فردياً يحذف أحد الأقسام المتطرفة وتحسب مساحته على أنه شبه منحرف أو مثلث أو أي شكل آخر يمكن إيجاد مساحته، وتطبق قاعدة سمسون على باقي الأقسام ثم تضاف مساحة الجزء المحذوف، وتجدر الإشارة إلى أنه بأخذ الأعمدة الفردية أو الزوجية يؤخذ العمود الأول في الأعمدة الفردية باعتباره أنه $\text{ع}_{١}$ وكذلك العمود الأخير حتى لا يكرر في الحساب مرة أخرى، ويلاحظ كذلك أنه في حالة عدم وجود عمود في بداية الشكل أو في نهايته أو في كل منهما يجب اعتبار العمود الأول أو الأخير أو الاثنين معاً يساوي صفر عند تطبيق القانون. ونلاحظ أن قاعدة سمسون لا يمكـن تطبيقها إذا كان عدد الأقسام ثلاثة فقط

ففـي هذه الحالة لا تطبق عليها حالة الأقسام الفردية وإنما تطبق عليها القاعدة التالية.

$$\text{المساحة} = \frac{٣\,\text{س}}{٨}\,(\text{ع}_{١} + ٣\,\text{ع}_{٢} + ٣\,\text{ع}_{٣} + \text{ع}_{٤})$$

(ز) طريقة شبكة النقط:

ابتكر العالم R.Blake شبكة من النقط يمكن الاستعانة بها في الحصول على المساحات من الخرائط. وتتكون هذه الشبكة من مربعات طول ضلع كل منها ٤ سنتيمترات، ويرسم في كل مربع ١٠٠ نقطة موزعة على مسافات متساوية (شكل رقم ١٠ ـ ١١) وتستخدم هذه الشبكة في قياس المساحات بالهكتار على خرائط ذات مقاييس رسم معينة. ففي الخرائط ذات المقياس ١ : ٢٥٠٠ النقطة الواحدة ٠١, من الهكتار (١٠٠ متراً مربعاً)، وفي الخرائط بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠ تساوي النقطة هكتاراً واحداً (١٠٠٠٠ متر مربع) بينما على الخرائط ذات المقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ تساوي النقطة الواحدة ١٠٠ هكتار. ويحسب عدد النقط التي تحصرها المنطقة المراد إيجاد مساحتها على أي خريطة بالمقاييس المذكورة ثم يضرب هذا العدد في مقدار النقطة حسب مقياس رسم الخريطة. وبذلك نحصل على مساحة المنطقة بالهكتار وبالتالي تحويل هذه المساحة إلى كيلومترات مربعة على أساس أن الكيلومتر المربع الواحد يساوي ١٠٠ هكتار.



(شكل رقم: ١٠ ـ ١١) جزء من شبكة المربعات التي
ابتكرها بليك لقياس المساحات بالهكتار على خرائط بمقاييس معينة.

ولكن إذا كان لدينا خريطة بمقياس رسم مختلف عن مقياس الرسم السابق وليكن ١ : ١٠٠٠٠٠ وطلب منا قياس مساحة معينة على الخريطة تحمل هذا المقياس، ففي هذه الحالة نفرض أن هذه الخريطة مرسومة بأحد المقاييس المذكورة من قبل وليكن مقياس ١ : ٢٥٠٠٠ ونجري القياس بشبكة النقط على أساس المقياس المفروض (حيث النقطة = هكتاراً واحداً). ولنفرض أن نتيجة القياس كانت ٥٠ هكتاراً، بعد ذلك تحول هذه النتيجة إلى المساحة الحقيقية المطلوبة كما يلي:

المساحة الحقيقية = المساحة بالمقياس المستعمل × مربع النسبة بين المقياسين.

$$= ٥٠ \times \left[\frac{١}{٢٥٠٠٠} + \frac{١}{١٠٠٠}\right]^{٢} = ٥٠ \left(\frac{١٠٠٠٠٠}{٢٥٠٠٠}\right)^{٢}$$

$٥٠ \times (٤)^{٢} = ٥٠ \times ١٦ = ٨٠$ هكتاراً

وبذلك تكون المساحة على الخريطة ذات مقياس الرسم ١ : ١٠٠٠٠٠ هي ٨٠٠ هكتار أي تساوي ٨ كيلومتر مربع.

أمثلة تطبيقية:

أوجد مساحة كل من الشكلين الموضحين في الشكل رقم (٩ حـ، د ـ ١١) بالطرق الثلاثة الأخيرة وأي الطرق يفضل استخدامها لكل من الشكلين:

أولاً: الشكل رقم (٩ حـ ـ ١١)

١ ـ طريقة متوسط الارتفاعات:

$$\text{المساحة} = \text{ق} \times \text{س} \times \frac{ع_١ + ع_٢ + ع_٣ + ع_٤ + ع_٥ + ع_٦ + ع_٧}{ن}$$

$$٥ \times ٢٠ \left(\frac{١٠ + ١٦ + ٢٦ + ٢٢ + ١٨ + ١٥ + ٥}{٧}\right)$$

$$= ١٠٠ \times \left(\frac{١١٢}{٧}\right) ١٦٠٠ \text{ متر مربع}$$

٢ ـ طريقة إشباه المنحرفات:

$$\text{المساحة} = \frac{١}{٢} \text{س} [(ع_١ + ع_٧) + ٢ \times (ع_٢ + ع_٣ + ع_٤ + ع_٥ + ع_٦)]$$

$$= \frac{٢٠}{٢} [(١٠ + ٥) + ٢ (١٦ + ٢٦ + ٢٢ + ١٨ + ١٥)]$$

= ١٠ [(١٥ + ٢ × ٩٧)]

= ١٠ (٢٠٩) = ٢٠٩٠ متراً مربعاً

٣ ـ طريقة سمسون:

المساحة = $\frac{\text{س}}{٣}$ [(ع$_{١}$ + ع$_{٧}$ + ٢ (ع$_{٣}$ + ع$_{٥}$)] + [٤ (ع$_{٢}$ + ع$_{٤}$ + ع$_{٦}$)]

= $\frac{٣٠}{٣}$ (٣٠ + ٥ + [٢ (٢٦ + ١٨)] + [٤ (١٦ + ٢٢ + ١٥)])

= $\frac{٢٠}{٣}$ (١٥ + ٨٨ + ٢١٢)

= $\frac{٢٠}{٣}$ (٣١٥)

= ٢١٠٠ متر مربع

ثانياً ـ الشكل رقم (٩ د ـ ١١)

١ ـ طريقة متوسط الارتفاعات:

المساحة = ق × س × $\frac{\text{ع}_{١} + \text{ع}_{٢} + \text{ع}_{٣} + \text{ع}_{٤} + \text{ع}_{٥} + \text{ع}_{٦} + \text{ع}_{٧} + \text{ع}_{٨} + \text{ع}_{٩} + \text{ع}_{١٠}}{\text{ن}}$

$$\text{المساحة} = ٩ \times ١٠ \times \frac{٦ + ٤ + ٣ + ٢ + ١ + ٢ + ٤ + ٥ + ٦ + ٨}{١٠}$$

$$\text{المساحة} = ٩ \times ١٠ \times \frac{٤١}{١٠}$$

$$\frac{٩ \times ١٠ \times ٤١}{١٠} = ٣٦٩ \text{ متراً مربعاً}$$

٢ ـ طريقة أشباه المنحرفات:

$$\text{المساحة} \frac{\text{س}}{٢} (\text{ع}_{١} + \text{ع}_{١٠} + ٢(\text{ع}_{٢} + \text{ع}_{٣} + \text{ع}_{٤} + \text{ع}_{٥} + \text{ع}_{٦} + \text{ع}_{٧} + \text{ع}_{٨} + \text{ع}_{٩})$$

$$= \frac{١٠}{٢} (٦ + ٨ + ٢ (٤ + ٣ + ٢ + ١ + ٤ + ٥ + ٦)$$

$$= \frac{١٠}{٢} (١٤ + ٥٤)$$

$$= \frac{٦٨٠}{٢} = ٣٤٠ \text{ متراً مربعاً}$$

٣ ـ طريقة سمسون:

المساحة = ١٠/٣ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الفردية) +

(٤ أمثال الأعمدة الزوجية + مساحة شبه المنحرف)

= ١٠/٣ (٦ + ٨ + ٢ (٣ + ١ + ٤ + ٦) + ٤ (٤ + ٢ + ٢ + ٥) +

(٦ + ٨)/٢ × ١٠

= ١٠/٣ (١٤ + ١٨ + ٥٢) + ٧٠

المساحة = ١٠/٣ (٨٤) + ٧٠

= ٨٤٠/٣ + ٧٠ = ٣٥٠ متراً مربعاً

نلاحظ أنه في إيجاد مساحة الشكل الأول وجدنا أن أفضل طريقة لإيجاد المساحة هي طريقة أشباه المنحرفات أو طريقة سمسون لتقارب نتيجة كل منهما، .أما طريقة متوسط الارتفاعات فهي كما ذكرنا طريقة تقريبية لم تعط نتيجة دقيقة. أما في الشكل الثاني فإن طريقة أشباه المنحرفات هي أفضل طريقة حيث أن حدود الشكل متكررة كما تتكون من ٩ أقسام مما اضطرنا إلى أن نأخذ ٨ أقسام حتى يكون عدد الأقسام زوجي وأضفنا إلى المساحة المحسوبة بطريقة

سمسون مساحة القسم الأخيرة كشبه منحرف.

أمثلة للحل:

١ ـ أوجد مساحة المضلع أ ب جـ د إذا كانت مركبات أضلاعه كالآتي:

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية
أ ب	- ١٠	+ ٢٠
ب جـ	+ ٢٠	+ ١٥
جـ د	+ ٣٠	- ١٥
د أ	- ٤٠	- ١٠

٢ ـ قطعة أرض أ ب جـ د هـ على الخريطة قيس خط طولها فكان ١٥٠ متراً حسب مقياس الخريطة، أسقطت أعمدة من رؤوس القطعة إلى هذا الخط على الترتيب من ١ إلى هـ: ١٨، ٨٠، ٢٧، ٣٠، ٤٦ وأبعادها على هذا الخط ابتداءً من مسقط نقطة أ هي صفر ٤٠، ٥٥، ١٢٠، ١٥٠ والمطلوب إيجاد مساحة هذه الأرض علماً بأن الأبعاد المذكورة بالأمتار.

٣ ـ إذا اعتبرنا أن القطعة السابقة أ ب جـ د هـ مضلع مقفل إحداثيات رؤوسه أ، ب، جـ، و، هـ بالنسبة لخط القاعدة والعمودي عليه كما يلي:

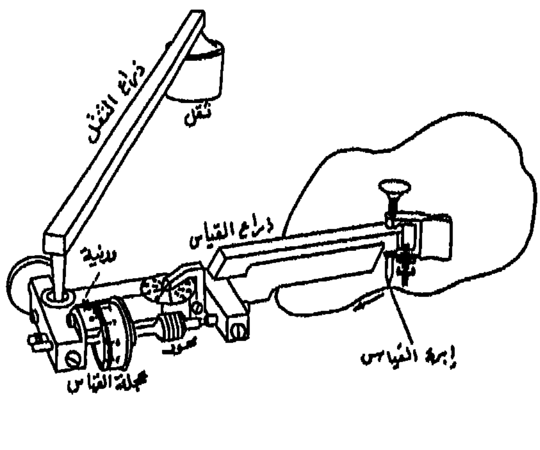
النقطة	الاحداثي السيني	الاحداثي الصادي
أ	صفر	١٨
ب	٥٥	٨٠
جـ	٥٥	٢٧
د	١٢٠	٣٠
هـ	١٥٠	٤٦

والمطلوب إيجاد مساحة القطعة بطريقة الاحداثيات.

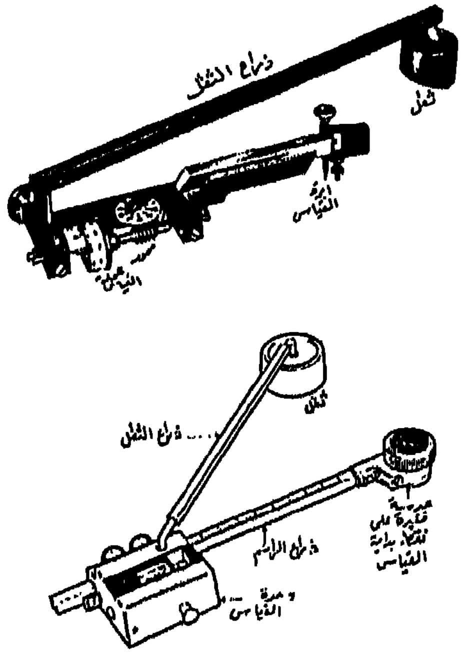
٤ ـ اعتبر كل من الإحداثي السيني مركبة أفقية، والإحداثي الصادي مركبة رأسية وأوجد مساحة القطعة بطريقة المركبات.

٣ ـ الطرق الميكانيكية لإيجاد المساحات:

توجد إلى جانب الطرق التي شرحناها في الفصلين السابقين لحساب المساحة طرق أخرى تعتمد على استخدام أجهزة معينة في حساب المساحات آلياً مثل أجهزة البلانيمتر ومسطرة التفدين. وسنقصر التفصيل في هذا الفصل على جهاز البلانيمتر الذي يشيع استخدامه في إيجاد المساحات على الخرائط. والبلانيمتر عبارة عن آلة صغيرة خفيفة الوزن تستخدم في إيجاد المساحات المحددة بخطوط مستقيمة أو منحنيات مباشرة من الخريطة بدقة عالية، وهو يعتبر بذلك أفضل الطرق جميعاً في إيجاد المسطحات غير المنتظمة الشكل (شكل رقم ١١ ـ ١١)، وتوجد عدة أنواع من البلانيمتر ولكن أشهرها البلانيمتر القطبي أو بلانيمتر كورداي، وفيما يلي شرح تفصيلي لتركيب الجهاز وكيفية استخدامه في إيجاد المساحات (شكل رقم ١٢ ـ ١١).



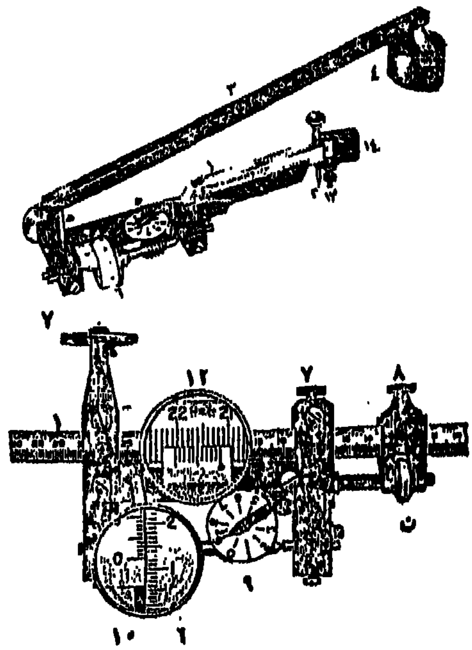
(شكل رقم: ١١ ـ ١١) جهاز البلانميتر لقياس المساحات غير المنتظمة.



(شكل رقم: ١٢ ـ ١١) أشكال البلانيمتر القطبي أو البلانيمتر كورداي.

البلانيمتر القطبي:

يتركب هذا النوع من ذراعين من المعدن متصلان بمفصل كروي يدخل في الغلاف يعرف الذراع الأول بذراع الثقل. والآخر بذراع التخطيط (شكل رقم ١٤ ـ ١١). وذراع الثقل ينتهي عند أحد طرفيه بالثقل الذي يوجد بأسفل سن رفيع مدبب لتثبيت الذراع الذي في الخريطة فلا يتحرك من مكانه عند تحريك باقي الأجزاء. وينتهي الطرف الآخر بمخروط يدخل في ثقب صغير يوجد في الغلاف الذي ينزلق على الذراع. أما ذراع التخطيط فيتركب من قضيب معدني ينتهي في أحد طرفيه بسن أو إبرة عمودية على الذراع تسمى الراسم، وبجوار

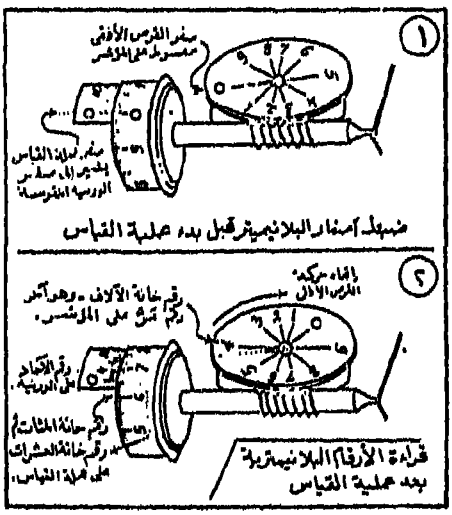


١ ـ ذراع التخطيط
٢ ـ الراسم
٣ ـ ذراع الثقل
٤ ـ الثقل
٥ ـ مخروط ذراع الثقل
٦ ـ العجلة الرأسية
٧ ـ مسمار الحركة السريعة لذراع التخطيط
٨ ـ مسمار الحركة البطيئة لذراع التخطيط
٩ ـ قرص أفقي
١٠ ـ ورنية عجلة القياس
١١ ـ مؤشر
١٢ ـ ورنية ذراع التخطيط
١٣ ـ مسمار الارتكاز لسن الراسم
١٤ ـ مقبض
١٥ ـ صامولة

(شكل رقم: ١٣ ـ ١١) أجزاء البلانيمتر القطبي.

الراسم مسمار أملس النهاية يتركز على الخريطة ويمكن بواسطته رفع سن الراسم قليلاً عن سطح ورقة الخريطة حتى لا تتلف عند مروره عليها، والذراع مقسم إلى أجزاء متساوية رئيسية كل منها مقسم إلى ١٠ أقسام فرعية أو ثانوية، متساوية. أما الغلاف فإنه يتكون من العجلة الرأسية التي تسمى بعجلة القياس

ومحيطها مقسم إلى عشرة أقسام رئيسية وكل قسم بدوره مقسم إلى ١٠ أقسام فرعية متساوية. ويمكن أن تقرأ ١/١٠ منها بواسطة ورنية مثبتة في الغلاف بجوار عجلة القياس التي تدور على محور أفقي متصل بقرص أفقي الوضع يدور على محور رأسي تبعاً لحركة عجلة القياس مقسم إلى عشرة أقسام وكل دورة كاملة من عجلة القياس يتحرك المؤشر على القرص قسم واحد، يلاحظ أنه عندما يتحرك سن الراسم على الخريطة فإن العجلة تدور رأسياً ويتحرك تبعاً لها القرص الأفقي، وبالغلاف أيضاً ورنية تقرأ ١/١٠ (أصغر قسم من أقسام ذراع التخطيط الذي ينزلق داخل الغلاف) والقسم في القرص الأفقي يساوي ١٠٠٠ وحدة بلانيمترية، أما القسم على عجلة القياس فيساوي ١٠٠ وحدة بلانيمترية، وأصغر أقسام العجلة يساوي ١٠ وحدات، أي أن القرص الأفقي يقرأ رقم الآلاف، والعجلة الرأسية المئات والعشرات، أما رقم الآحاد فيقدر بواسطة الورنية التي تقرأ ١/١٠ لأصغر أقسام العجلة الرأسية، (وفي الشكل رقم (١٤ ـ ١١) نجد أنه يمكن أن نقرأ:



(شكل رقم: ١٤ ـ ١١) إعداد البلانيمتر لعملية القياس،

ثم قراءة مساحة الشكل بالوحدات البلانيمترية على عجلات البلانيمتر بعد القياس.

على القرص الأفقي يشير المؤشر إلى أنه تجاوز رقم ٤ فتكون الآلاف =٤٠٠٠

وصفر الورنية على عجلة القياس تجاوز الرقم ١ فتكون قراءة المئات = ٦٠٠

وصفر الورنية على عجلة القياس تجاوز قسمين من أقسام العجلة فتكون العشرات =٢٠

وخط الانطباق في الورنية يقع عند رقم ٥ في الورنية فيكون رقم الآحاد = ٥
المجموع = ٤٦٢٥

نظرية البلانيمتر:

تتبنى نظرية البلانيمتر على عملية التكامل التي ينتج منها أن المساحة تساوي طول الذراع الراسم مضروباً في المسافة التي تحركتها العجلة الرأسية، فإذا فرضنا أن طول ذراع الراسم تبعاً لمقياس الرسم المرسوم به الخريطة يساوي س وكان محيط العجلة الرأسية يساوي م وكان عدد دورات القرص والعجلة ن في هذه الحالة تكون المساحة = س × م × ن، وأن س ×م = مقدار ثابت يسمى بثابت الجهاز، أما ن فتساوي مقدار دوران العجلة الرأسية، وقد اتفق على جعل وحدته تساوي ١ : ١٠٠٠ من الدورة الواحدة.

كيفية استخدام الجهاز:

يسلم في المعتاد مع كل جهاز بلانيمتر جدول توضيحي خاص بالجهاز ذاته يبين فيه أطوال ذراع التخطيط الواجب العمل به في حالة مقاييس الرسم المختلفة. والجدول الآتي يبين أحد الجداول الخاصة بأحد أجهزة البلانميتر:

١	٢	٣	٤
العدد الثابت	قيمة قسم ورنية عجلة القياس (الوحدة)	طول الذراع (موضع الورنية على) (الذراع)	مقياس الرسم
Constant	بالنسبة لمقياس الرسم المستعمل Scale 1:1	Position on Arm	Scale
٢٣٦٨١	٠,٥م٢ ٨مم٢	٢٨٧,٦	١ : ٢٥٠
٢٣٨٧٠	٢م٢ ٨مم٢	٢٦٦,٧	١ : ٥٠٠
٢٧٦٤٣	١٠مم٢	٣٣٣,٣	١ : ١٠٠٠

فالعمود رقم (٤) يبين مقياس الرسم المستخدمة والعمود رقم (٣) يوضح أطوال ذراع التخطيط الواجب ضبط الورنية عليه لقياس المساحة بالمقياس المطلوب الموجود أمامه على نفس السطر. أما العمود (٢) فيبين المساحة بالنسبة لمقياس الرسم المستعمل وكذلك بالنسبة لمقياس ١ : ١ أي لإيجاد المساحة على الورقة. فالمساحة المسجلة بالجهاز لكل دورة أو لكل وحدة من الوحدات البلانيمترية، فإذا كانت للدورة الواحدة فهذا معناه أن القرص الأفقي بين رقم الآحاد والعجلة تبين جزء من العشرة وجزء من المائة، والورنية تبين جزء من ألف أي أن تكون القراءة مثلاً ٤,٦٢٣، وإما أن تكون القراءة كما سبق شرحه أي تصبح ٤٦٢٣. والعمود الرابع يوضح العدد الثابت الذي يضاف إلى

قراءة الجهاز في حالة إذا وضع مركز الثقل داخل الشكل.

ولضبط الجهاز قبل إجراء إيجاد المساحة نفك جميع مسامير الجهاز ونحرك الغلاف حتى يعين صفر الورنية الطول المطلوب والمقابل لمقياس الرسم المستخدم ونجري ذلك بتحريك الغلاف حركة سريعة على ذراع التخطيط ثم يربط مسمار الحركة السريعة، ونحرك مسمار الحركة البطيئة عندئذٍ يكون الجهاز معد للاستعمال فتثبت الخريطة ثم نحدد نقطة لبدء القياس على محيط الشكل المطلوب إيجاد مساحته. وتوجد حالتان لاستعمال الجهاز هي:

١ - في حالة سن الثقل داخل الشكل:

يمكن وضع الثقل داخل الشكل في حالة إذا كانت المساحة المطلوبة كبيرة ولا يمكن أن يدور الراسم على محيط الشكل مرة واحدة. وهذه الطريقة لا تفضل في إيجاد المساحة إلا في الضرورة القصوى لاحتمال الخطأ في إيجاد المساحة بها، ويستعاض عنها بتقسيم الشكل إلى أجزاء، واستعمال الجهاز والثقل في خارج كل جزء منها. وإذا اضطررنا إلى وضع الثقل داخل الشكل فيجب أن نتذكر أن العدد الثابت للجهاز والموجود في جدول الجهاز سوف يدخل في الحساب، وفيها يضع السن داخل الشكل ونبتدىء من أي نقطة على المحيط ونمرر سن الراسم بسرعة، نرى إذا كانت القراءة تتناقص أم تتزايد ويحسن أن نجعل بدء القراءة صفراً ونحرك سن الراسم على المحيط بدقة وعناية في اتجاه عقرب الساعة حتى نصل إلى نقطة الابتداء ونقرأ القرص والعجلة الورنية ونعتبرها قراءة أولى ثم نكرر نفس العمل مرة أخرى لنحصل على قراءة ثانية ونطبق بعد القراءة الثانية القانونين الآتيين:

المساحة (القراءة متناقصة)=[الثابت- (القراءة الأولى - القراءة الثانية)]× الوحدة

المساحة (القراءة متزايدة) =[الثابت- (القراءة الثانية - القراءة الأولى)]× الوحدة

مثال:

أخذت القراءة الأولى لمساحة منطقة بالبلانيمتر فكانت = صفر، والثانية ٦٨٧٤ ووحدة القياس المستعمل ٨, ٠ متراً، أوجد مساحة المنطقة.

لو فرض أن القراءة الأولى صفر وكانت الثانية ٦٨٧٤ ولكن القراءة متناقصة لاحظنا أن العجلة تراجعت ولم تتقدم وكان الثابت ١٢٠٠٠.

أولاً ـ المساحة (في التناقص):

= [١٢٠٠٠ - (١٠٠٠٠ - ٦٨٧٤)] × ٨, ٠ = ٧٠٩٩,٢ م٢

ثانياً ـ المساحة (في التزايد):

= [١٢٠٠٠ + (٦٨٧٤ - صفر)] × ٨, ٠ = ١٥٠٩٩,٢ م٢

ويلاحظ أننا كتبنا رقم ١٠٠٠٠ في الحالة الأولى لأن القراءة تناقصت من ١٠٠٠٠ وهذا المثال يفصح عن الخطأ الذي يمكن أن نقع فيه لإيجاد المساحة إذا كان الثقل داخل الشكل.

٢ ـ في حالة سن الثقل خارج الشكل:

في هذه الطريقة نضع البلانميتر وسن الثقل خارج الشكل وأحسن وضع يكون فيه الراسم في مركز ثقل المساحة تقريباً وذراع التخطيط وعمودياً على ذراع الثقل ويجب أن لا يصنع ذراع التخطيط مع ذراع الثقل زاوية حادة أقل من ٣٠، ولا زاوية منفرجة أكثر من ١٥٠، وبعد ذلك نمر بسن الراسم بحركة سريعة تقريبية على حدود الشكل حتى نتأكد من أن الراسم لم يكن يمر بصعوبة على محيط الشكل مع مراعاة الأسس المذكورة، ثم يثبت الثقل ونضع الراسم على نقطة بداية القياس مع أخذ القراءة على القرص الأفقي والعجلة والورنية فتكون هي القراءة الأولى، ويمكن جعل هذه القراءة صفراً. نحرك الراسم بكل دقة وعناية على محيط الشكل في اتجاه عقرب الساعة حتى يصل إلى نقطة البداية

ونقرأ القرص والعجلة الورنية مرة أخرى فتكون المساحة في الطبيعة هي:

المساحة = القراءة الثانية - القراءة الأولى × الوحدة

فمثلاً إذا كانت القراءة الأولى ٦٨٧٨ والقراءة الثانية ٩٣٤٦ والوحدات البلانيمترية المقابلة للقياس المستخدم هي ٢ فإن:

المساحة = (٩٣٤٦ - ٦٨٧٨) × ٢ = ٤٩٣٦ متراً مربعاً.

ويجب أن نلاحظ أنه إذا زادت القراءة الأولى (٨٤١٢) عن الثانية (١٢١١) يجب أن نلاحظ عدد دورات القرص الأفقي فإن كانت دورة واحدة نضع رقم ١ على يسار القراءة الثانية لتصبح ١١٢١١ بدلاً من ١٢١١ مثلاً وإذا دار القرص دورتين تصبح ٢١٢١١ وهكذا.

وفي كلتا الحالتين يجب مراعاة بعض التعليمات عند استعمال البلانيمتر حتى نحصل على مساحات دقيقة والتي من أهمها أن نمر بالراسم على محيط الشكل مرات متوالية ونقسم الفرق النهائي بين القراءة الأولى والنهائية على عدد مرات دوران الرسم حول المحيط ونعتبر خارج القسمة هو القراءة الصحيحة المناسبة لمساحة الشكل. وإذا كانت القراءة الأولى هي الصفر فإننا نأتي بالفرق بين الأولى والثانية ثم نبتدىء بقراءة أخرى غير الصفر ونأتي بالفرق أيضاً ونأتي بمتوسط الفرقين ونعتبره ممثلاً للقراءة المناسبة لمساحة الشكل. وإذا كانت القراءة الأولى هي الصفر فإننا نأتي بالفرق بين الأولى والثانية ثم نبتدىء بقراءة أخرى غير الصفر ونأتي بالفرق أيضاً ونأتي بمتوسط الفرقين ونعتبره ممثلاً للقراءة المناسبة لمساحة الشكل. ويفضل لو أخذنا ثلاث قراءات على ألا يختلف الفرق بين أصغرها وأكبرها عن مقادير الفروق المسموح بها في عمل البلانيمتر بين كل قراءتين، وقد يكون من الأفضل أيضاً أخذ القراءة الأولى والثانية ثم تغيير وضع الثقل وتغيير خط سير الراسم ليكون ضد عقرب الساعة، ويجب ألا يختلف الفرق في الحالتين عن المسموح به، ومن أفضل الطرق أن تؤخذ القراءات على دفعتين واحدة منها يكون الثقل فيها على اليمين وتجري

دورتين الابتداء فيها مختلف وأخرى يكون الثقل فيها على اليسار وتجري دورتين الابتداء فيها مختلف أيضاً، ومتوسط الفرقين في حالة اليمين ومتوسط الفرقين في حالة اليسار يجب أن لا يتعدى الفرق بين المتوسطين أكثر من المسموح به.

وإذا استعمل البلانميتر لإيجاد مساحة من خريطة مرسومة بمقياس رسم غير مدون في جدول الجهاز ففي هذه الحالة نفرض أي مقياس للمساحة ويكون مدون بالجدول ونوجد مساحة الشكل على أساس المقياس بالجدول ثم نطبق القانون الآتي:

$$\frac{\text{المساحة الحقيقية}}{\text{المساحة بالمقياس المستعمل}} = \left(\frac{\text{المقياس المستعمل}}{\text{المقياس الحقيقي}}\right)^{2}$$

مثال:

قطعة أرض مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠٠، استعمل بلانيمتر في إيجاد مساحتها ولكن مقياس الرسم هذا لم يكن بالجدول فحسبت المساحة على أساس مقياس ١ : ٥٠٠ الموجود بالجدول فكانت ١٦٨٠٠ متر مربع فما هي المساحة الحقيقية لهذه القطعة.

الحل:

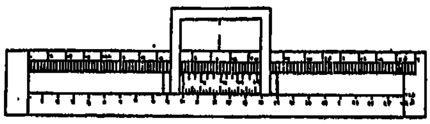
$$\frac{\text{المساحة الحقيقية}}{١٦٨} = \frac{(١/٥٠٠)^{٢}}{(١/٥٠٠٠)^{٢}}$$

١٦٨٠٠٠٠ متر مربع = ٤٠٠ فدان تقريباً

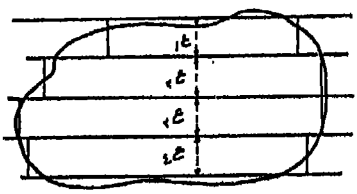
مسطرة التفدين:

تستخدم مسطرة التفدين لقياس المساحات بالفدان على الخرائط. وهي

عبارة عن مسطرة من الخشب طولها حوالي ٦٠ سنتيمتراً ومقسمة من اليسار إلى اليمين، وفي وسطها توجد مجراه تتحرك فيها مسطرة معدنية تستعمل كورنية. ومثبت بمسطرة الورنية إطار معدني في وسطه شعرة رفيعة من الصلب يتفق موضعها على صفر الورنية (شكل رقم ١٥ ـ ١١). وأشهر أنواع مسطرة التفدين في مصر هي التي بمقياس ١: ٢٥٠٠، ١: ١٠٠٠ وذلك بسبب أن الخرائط التفصيلية (الكادسترالية) المصرية مرسومة بنفس هذين المقياسين.



(أ) مسطرة التفدين



(ب) تقسيم الشكل الى مستطيلات لإيجاد مساحته بمسطرة التفدين

(شكل رقم: ١٥ ـ ١١): مسطرة التفدين واستخدامها
لإيجاد مساحة الأشكال بالفدان وكسوره.

وتتلخص طريقة استعمال مسطرة التفدين في تثبيت ورقة من ورق الكالك أو الورق الشفاف أو لوح سيلوليد فوق الخريطة التي يراد معرفة مساحتها، بعد تقسيم الورقة الشفافة بخطوط مستقيمة متوازية تختار المساحة بينها لتكون متوافقة مع طريقة تقسيم المسطرة. وحيث أن حالة مسطرة التفدين مقياس ١ : ٢٥٠٠ متدرجة على أساس مستطيل عرضه ثمانية ملليمترات أي ٢٠ متراً

على الطبيعة ومساحته فداناً واحداً أي ٤٢٠٠,٨٣ متر مربع فيكون طول هذا المستطيل = ٤٢٠٠,٨٣ ÷ ٢٠ = ٢١٠,٠٤ متر تقريباً على الطبيعة. وهذا الطول يقابله على المسطرة تبعاً لمقياس المسطرة طولاً قدره $\frac{٢١٠,٤}{٢٥}$ أي ٨٤,٠٢ ملليمتر. وبتقسيم الطول الأخير إلى ٢٤ قسماً كل منها يساوي قيراط (الفدان = ٢٤ قيراطاً). وتستعمل الورنية لتعيين الأسهم ودقتها سهمان.

أما المسطرة ذات المقياس ١: ١٠٠٠ فإن حافتها تتدرج على أساس مستطيل عرضه ثمانية ملليمترات أي ثمانية أمتار على الطبيعة ومساحته فداناً واحداً أيضاً، فيكون طول المستطيل على الطبيعة = ٤٢٠٠,٨٣ ÷ ٨ = ٥٢٥,١٠٤ متر ويكون طوله على المسطرة ٢٥,١٠٤ ملليمتر. ويقسم هذا الطول إلى ٢٤ قسماً ليكون كل قسم مساوياً لقيراط واحد في الطبيعة، ثم يؤخذ قسم واحد ليقسم إلى ١٢ قسماً صغيراً كل قسم منها يمثل سهمان.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن طريقة مسطرة التفدين في حساب طول الفدان على المسطرة تتوقف على مقياس الرسم والمسافة بين الخطوط المتوازية على لوحة الورق الشفاف.

مثال تطبيقي:

إذا كان المطلوب إيجاد مساحة شكل بمقياس ١: ٢٥٠٠ باستخدام مسطرة التفدين، فإننا نقوم برسم خطوط متوازية على هذا الشكل البعد بين كل منها ٨ ملليمترات وتحول كل قسم محصور بين كل خطين متوازيين إلى مستطيل مكافىء له في المساحة بطريقة الحذف والإضافة التي شرحناها سابقاً. ثم نأتي بمسطرة التفدين بالمقياس المطلوب حساب الشكل به وهو ١: ٢٥٠٠ ونجعل صفر الورنية منطبقاً على بداية المسطرة، ونضع حافة المسطرة موازية تماماً لطول المستطيل الأول (شكل رقم ١٥ب ـ ١١) مع الأخذ في الاعتبار أن تكون الشعرة بإطار المسطرة منطبقة على عرض المستطيل من الناحية اليسرى، ثم

نحرك الإطار مع ثبات المسطرة حتى تنطبق الشعرة على عرض المستطيل من الناحية اليمين فتكون القراءة التي تعنيها الورنية على تدريج المسطرة عبارة عن مساحة المستطيل وكسوره. ترفع المسطرة مع ثبات القراءة التي عين بها مساحة المستطيل الأول ثم توضع موازية لطول المستطيل الثاني مع مراعاة أن تنطبق الشعرة بالإطار على عرض المستطيل من الناحية اليسرى ثم نحرك الإطار حتى تنطبق الشعرة على عرض المستطيل من الناحية اليمنى فتكون القراءة الناتجة هي مساحة المستطيلين الأول والثاني. وبتكرار هذا العمل تكون آخر قراءة على نهاية آخر مستطيل هي مجموع مساحة المستطيلات التي قسم إليها الشكل محسوبة بالفدان وكسوره مباشرة.

وإذا كان تكرار عملية القياس سيؤدي إلى أن طول المسطرة لا يكفي لكثرة عدد المستطيلات تبعاً لكبر مساحة الشكل. ففي هذه الحالة يمكن تقسيم الشكل إلى قسمين أو أكثر وإيجاد مساحة كل قسم على حدة ثم تجمع المساحات النهائية فيكون هذا المجموع للمساحات عبارة عن المساحة الكلية للشكل بالفدان وكسوره. كذلك إذا لم تكن هناك مسطرة بنفس مقياس رسم الشكل المراد حساب مساحته فإننا نستخدم أحد المقاييس الموجودة وتحسب المساحة للشكل بالمسطرة المعلومة المقياس ثم نحصل على المساحة الحقيقية للشكل بواسطة المعادلة الآتية:

المساحة الحقيقية للشكل =

$$\text{المساحة الناتجة بالمسطرة المستعملة} \times \left(\frac{\text{مقياس المسطرة المستعملة}}{\text{المقياس الحقيقي للرسم}}\right)^{2}$$

الفصل الثاني عشر
توجيه وترتيب الخرائط

أولاً ـ تحديد الاتجاهات على الخرائط وطرق توجيهها:

يعرف الاتجاه بأنه (الخط الواصل من نقطة إلى أي نقطة أخرى معلومة). ولما كان الاتجاه متغير وغير ثابت تبعاً لهذا التعريف، بسبب اختلاف النقط المحيطة بأي مكان، حددت اتجاهات ثابتة يطلق عليها اسم الاتجاهات الأصلية (الرسمية) وهي الاتجاهات المعروفة لنا جميعا (شرق، غرب، شمال، جنوب، وما يتفرع منها)، ويعرف الاتجاه الشمالي لأي نقطة على سطح الأرض بأنه (الخط الواصل من هذه النقطة إلى نقطة القطب الشمالي). ويجب أن نشير إلى وجود قطبين شماليين:

١ ـ **قطب شمالي جغرافي**: وهو الذي يمثل طرف محور دوران الأرض حول نفسها.

٢ ـ **قطب شمالي مغناطيسي**: ويقع في أقصى شمال أمريكا الشمالية، وبسبب اختلاف البعدين التي تتركب منها القشرة الأرضية، ثم بسبب دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس، ونظراً لعدم ثباته في هذا الموقع، يتغير مركزه على مر السنين.

وتجدر الإشارة إلى أن القطب المغناطيسي لا ينطبق على القطب الجغرافي بل ينحرف عنه. وتبعاً لذلك فإن اتجاه الشمال المغناطيسي لأي نقطة على سطح الأرض عبارة عن (الخط الواصل من هذه النقطة إلى نقطة القطب المغناطيسي) ويلاحظ بعد ذلك أن هناك اختلاف بين الاتجاهين تبعاً لاختلاف.

مواقع النقط على سطح الأرض فيختلف الشمال المغناطيسي لأي نقطة عن الشمال الحقيقي لها بعدد معين من الدرجات شرقاً أو غرباً (بالنسبة للاتجاه الشمالي الحقيقي) ويطلق عليها زاوية الاختلاف المغناطيسي، فكما ذكرنا في الفصل الثالث ومن الشكل رقم (٢ ـ ٣) نلاحظ أن نقطة (ق. ج) تمثل القطب الشمالي الحقيقي، ونقطة (ق. م) تمثل القطب الشمالي المغناطيسي، كما نلاحظ عند نقطة ز أن الاتجاه الشمالي الحقيقي لهذه النقطة قد انطبق على الشمال المغناطيسي، وإذا انتقلنا إلى نقطة ح أي غرباً نلاحظ وجود اختلافاً بين الاتجاهين، وأن الاتجاه الشمالي المغناطيسي يقع إلى الشرق من الاتجاه الشمالي الحقيقي بعدد من الدرجات هي مقدار الفرق بين الاتجاهين. أما إذا انتقلنا شرق نقطة ز فإننا نلاحظ أن الاتجاه الشمالي المغناطيسي يقع إلى الغرب من الاتجاه الشمالي الحقيقي، ونظراً لعدم ثبات القطب المغناطيسي كما ذكرنا سابقاً، فإن زاوية الاختلاف المغناطيسي تتغير في موقعها شرقاً أو غرباً، وتحدد في كل موقع على الخريطة سنوياً وتذكر في نشرات خاصة.

ويلاحظ عموماً أن خطوط الطول على الخريطة تصل بين الأماكن التي تقع عليها ونقطة القطب الشمالي الحقيقي.

ويبقى بعد ذلك أن نتساءل: ما المقصود بتوجيه الخرائط؟ وللإجابة نقول أنه يقصد بتوجيه الخرائط (وخاصة ذات المقياس الكبير) وضعها بحيث تنطبق الاتجاهات فيها على الاتجاهات المقابلة لها على الطبيعة بكل دقة، بحيث ينطبق أي خط مستقيم في الخريطة على الخط المقابل له في الطبيعة أو يكون موازياً له أو على امتداده. ويمكن إجراء هذا التوجيه بالطرق الآتية:

١ ـ طريقة الظواهر الثابتة

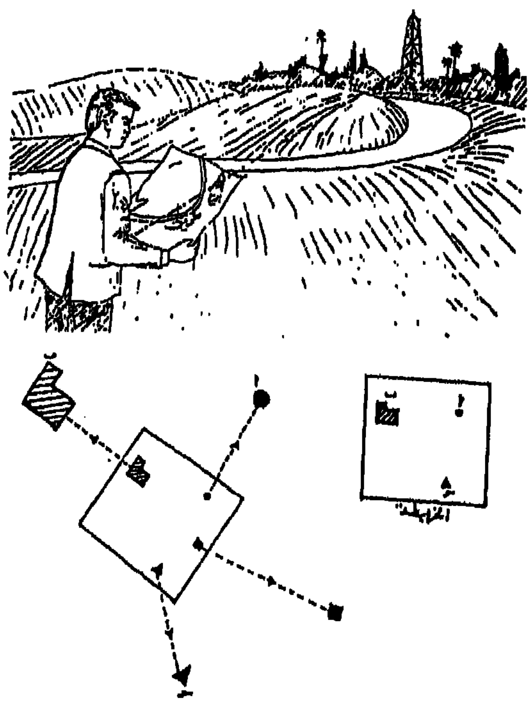
وفي هذه الطريقة:

(أ) نختار أي ظاهرتين ثابتتين وموجودتين على الطبيعة وممثلتين في الخريطة المطلوب توجيهها توجيهاً صحيحاً بالنسبة للمنطقة المرسومة عليها.

(ب) بعد ذلك نرسم خطاً وهمياً بين هاتين الظاهرتين على الخريطة، ثم ننظر من إحدى الجهتين حتى نجد امتداد هذا الخط منطبقاً عند الظاهر (أ).

(ج) إذا ما نظرنا من الجهة المقابلة للجهة الأولى سنجد امتداد الخط منطبقاً على الظاهرة الأخرى (ب).

(د) لزيادة التأكد نختار ظاهرة ثالثة على الطبيعة وموجودة على الخريطة (ج) ثم نصل بينها وبين الظاهرة (ب) على الخريطة بخط وهمي آخر. ثم ننظر من الجهة القريبة من الشكل (ب) فإذا كان امتداد هذا الخط مطبقاً على الخط (ب ج) على الطبيعة، كان توجيهه للخريطة صحيح، وإذا لم يكن ممكناً حركنا الخريطة حتى ينطبق كل خط في الخريطة على نظيره في الطبيعة (شكل رقم ١ ـ ١٢).



(شكل رقم: ١ ـ ١٢) توجيه الخريطة باختيار الظواهر الثابتة.

وأحياناً قد يكون موقع الراصد نفسه مجهولاً أو لا يستطيع تحديده بدقة على الخريطة وفي هذه الحالة نجري الخطوط الآتية:

(أ) نقف في الموقع المجهول ونأتي بورقة من الورق الشفاف ونضع عليها نقطة تمثل هذا الموقع.

(ب) نرسم من هذه النقطة شعاعان باستخدام مسطرة التوجيه Alidade موجهان إلى ظاهرتين في الطبيعة وموضحتين على الخريطة. ويفضل أن يكون التوجيه لثلاث ظواهر حتى يكون التحديد أكثر دقة.

(ج) نضع الورقة على الخريطة بحيث تلامس الأشعة المرسومة الظواهر الموجودة على الخريطة فتكون نقطة التقاء هذه الأشعة هي موقع الراصد (شكل رقم ٢ ـ ١٢).

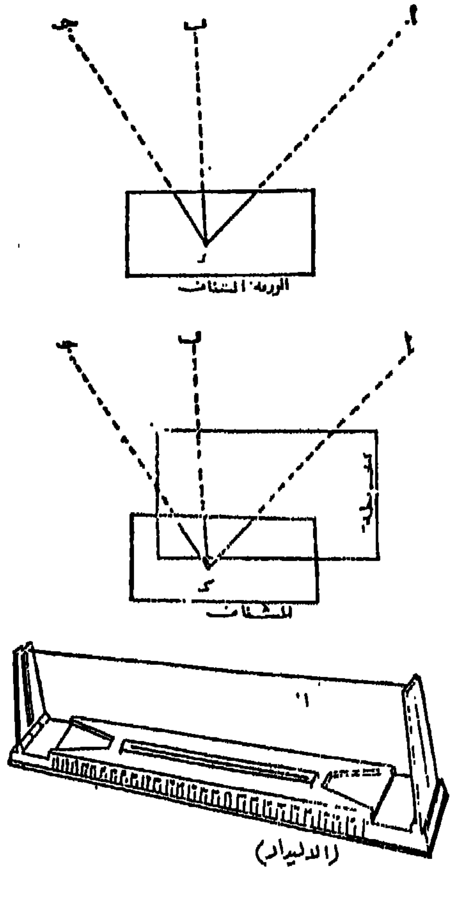
٢ ـ طريقة الظواهر المستقيمة

في بعض الأحيان قد تستخدم الظواهر المستقيمة التي تمتد لمسافات طويلة على الخريطة كأن تكون لشارع رئيسي أو لجز منه أو لطريق من السكك الحديدية أو خط أعمدة التليفون أو التلغراف.. الخ، لأن مثل هذه الظواهر يسهل التعرف عليها في الخريطة وعلى الطبيعة.. ويمكن توجيه الخريطة في هذه الحالة بعد معرفة موقع الراصد عن طريق وضع الخريطة في وضع يجعل خطوط هذه الظواهر المستقيمة في الخريطة تنطبق على مثيلتها في الطبيعة، سواء كان هذا الانطباق على الظاهرة بالضبط أو موازياً لها أو على امتدادها (شكل رقم ٣ ـ ١٢). وفي هذه الطريقة يمكن الاستعانة بمسطرة التوجيه Aalidade ليكون التوجيه أكثر دقة.

٣ ـ طريقة البوصلة الصندوقية:

البوصلة الصندوقية عبارة عن إبرة مغناطيسية داخل صندوق تتحرك فيه حركة أفقيّة دائرية في مجال محدود، (شكل رقم ٤ ـ ١٢) وعن طريقها يمكن أن

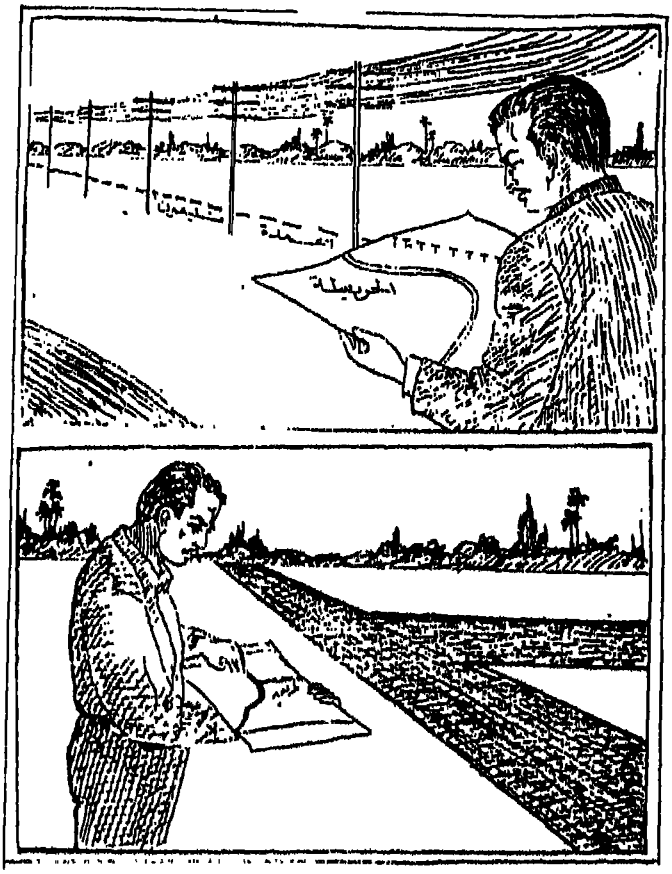
يحدد الاتجاه المغناطيسي للخريطة. ولتوجيه الخريطة بالبوصلة يتبع الآتي:



(شكل رقم: ٢ ـ ١٢) كيفية تحديد موقع الراصد على الخريطة.

(أ) يجب أن يكون مرسوماً على الخريطة اتجاه الشمال المغناطيسي من قبل، أو حتى نعرف مقدار زاوية الاختلاف المغناطيسي.

(ب) نضع الخريطة في وضع أفقي ونثبت عليها البوصلة بحيث تكون ملاصقة للخط الدال على اتجاه الشمال المغناطيسي.

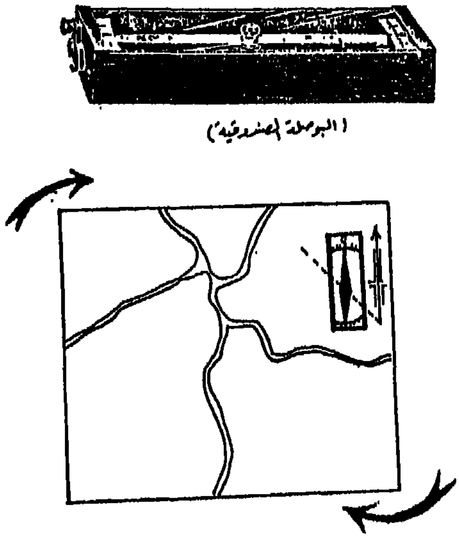


(شكل رقم: ٣ ـ ١٢) توجيه الخريطة بطريقة الظواهر المستقيمة.

(ج) نحرك الخريطة وعليها البوصلة حتى تشير البوصلة إلى رقمي الصفر وبذلك تكون الخريطة قد وجهت التوجيه السليم.

ثانياً: ترتيب الخرائط:

تصدر مصالح المساحة في معظم الدول سلسلة من الخرائط للطبوغرافية التي تغطي مجموعة أراضيها. ولتسهيل تحديد أي موقع في الدولة على هذه الخرائط، فقد، طورت هذه المصالح في العالم نظاماً شبكياً يعرف باسم شبكة



(شكل رقم: ٤ ـ ١٢) توجيه الخريطة باستخدام البوصلة الصندوقية

الإحداثيات القومية National Grid. ونظام هذه الشبكة عبارة عن عدد من الخطوط المتوازية التي ترسم في الاتجاه الشمالي الجنوبي، وخطوط متوازية أخرى ترسم في الاتجاه الشرقي الغربي، ومن ثم تكون شبكة من المربعات. ويبدأ ترقيم خطوط الشبكة من نقطة أصل تقع في جنوب غرب القطر. وتسمى الخطوط المرقمة من الغرب إلى الشرق (أي الخطوط الرأسية) باسم الشرقيات Eastings. أما الخطوط المرقمة من الجنوب إلى الشمال (أي الخطوط الأفقية) فتسمى باسم الشماليات Northings.

وقد قامت مصلحة المساحة المصرية بعمل خرائط لجميع أراضي الدولة تقريباً، كما قسمتها إلى خرائط صغيرة رتبت بطريقة خاصة وذلك بإعطائها أرقاماً مميزة حتى يمكن الاستدلال عليها بسهولة ويسر عند طلبها، وكذلك معرفة موضعها بالنسبة إلى مجموعة الخرائط التي يجاورها من الجهات الأربعة. وقد

قسمت خرائط القطر المصري إلى مجموعتين أساسيتين أحدهما للمقاييس الصغيرة والأخرى للمقاييس الكبيرة.

١ ـ مجموعة الخرائط الصغيرة المقياس:

وتشمل هذه المجموعة خرائط ذات المقياس:

(١: ٢٠٠٠,٠٠٠، ١: ١٠٠٠,٠٠٠، ١, ٥٠٠,٠٠٠، ١: ٣٠٠,٠٠٠

(أ) مقياس ١: ٢٠٠٠,٠٠٠: رسمت على أساسه الأراضي المصرية كلها على لوحة واحدة تظهر فيها المعالم الجغرافية العامة من أنهار وأراضي مزروعة وحدود إدارية وغيرها.

(ب) مقياس ١: ١٠٠٠,٠٠٠: وسميت خرائطه بالخريطة الدولية حسب ما اتفق عليه دولياً في المؤتمرات الجغرافية على طبعها وتبادلها. وتشمل كل خريطة مساحة محدودة الأبعاد (٤ درجات عرضية × ٦ درجات طولية) وهي تتبادل مع الدول وتستخدم خرائط هذا المقياس أساساً في الملاحة الجوية، ولهذا فإنها توضح المطارات والمواني والسكك الحديدية. وتمثل عليها الارتفاعات بخطوط كنتور الفاصل الرأسي لها هو ١٠٠ متر ويستخدم اللون الأخضر بها ليدل على المنسوب بين ٢٠٠ متر فوق منسوب سطح البحر وبين ٢٠٠ متر تحت منسوب سطح البحر. ولهذا النوع من الخرائط دليل خاص بين كيفية الاستدلال على هذه الخرائط الدولية سوف نشرحه بعد قليل.

(ج) مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠: وتشمل خرائط هذا المقياس مساحة تغطي ١ درجة طولية واحدة × ١,٥ درجة عرضية. وطبعت منها لمصر اللوحات مطورح، والبحيرة، وسيناء، والقاهرة، واسيوط، وقنا، واسوان، والقصير، وعلبة، والعوينات. ويمثل اللون الأخضر بها الأراضي الزراعية، بينما يمثل اللون البني الأراضي الصحراوية، والفاصل الرأسي عليها يمثل ١٠٠ متر.

(د) مقياس ١ : ٣٠٠,٠٠٠: وقد رسمت به خريطة مواصلات الوجه البحري وخريطة مواصلات الوجه القبلي.

دليل الخرائط الدولية (الخريطة المليونية):

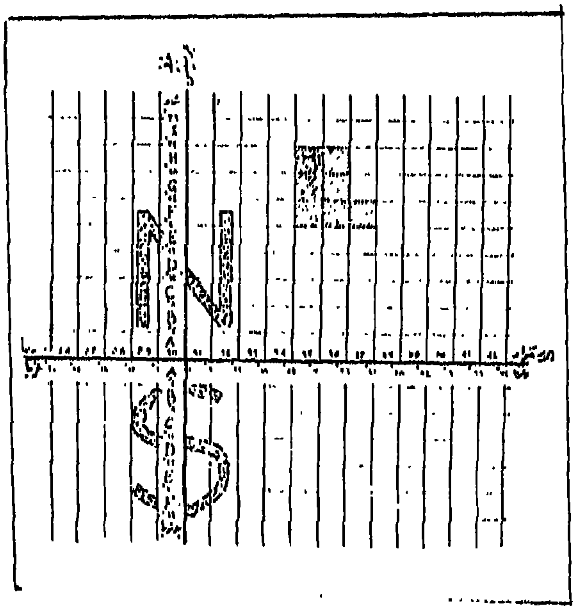
اتفق في أوئل هذا القرن على إنتاج خرائط موحدة المقياس لجميع بلدان العالم ذات رموز ومصطلحات موحدة حتى يمكن فهم الخريطة مهما كانت لغتها. وقد طبعت مصر لوحات بمقياس ١: ١٠٠٠,٠٠٠ تعرف بخريطة مصر المليونية وعددها سبع لوحات هي: الاسكندرية، والقاهرة، واسوان، ووادي حلفا، والداخلة، والعوينات، ومكة. وتمثل كل لوحة من هذه اللوحات منطقة ابعادها أربع درجات عرضية × ست درجات طولية. ولا يستخدم فيها إلا خطوط الطول ودوائر العرض فقط. وتعتبر اللوحات المليونية السابقة أساساً لإنتاج خرائط بمقياس رسم مختلفة ابتداء من ١ : ٥٠٠,٠٠٠ إلى مقياس رسم ١ : ٢٥٠٠٠ بما فيها المقياس ١ : ٢٥٠,٠٠٠، ١: ١٠٠,٠٠٠، ١ : ٥٠,٠٠٠.

ويمكن أن نلخص الطريقة المتبعة في ترقيم اللوحات مقياس ١ : ١٠٠٠,٠٠٠:

(أ) اختير خط طول ١٨٠ درجة ليمثل خط بداية التقسيم في اتجاه الشرق. وكذلك خط الاستواء ليمثل الخط الأساسي للتقسيم شمالاً وجنوباً. وكل من القسمين أعطى له حرف من حروف الهجاء، فالقسم الشمالي أعطى له حرف N والقسم الجنوبي أعطى له الحرق S (شكل رقم ١٥ ـ ٥).

(ب) قسم الطول الأساسي (١٨٠ درجة) إلى أقسام شمال وجنوب خط الاستواء طول كل قسم منها ٤ درجات عرضية حتى دائرة عرض ٧٦ درجة شمالاً ودائرة عرض ٦٠ جنوباً. وهما الدائرتان العرضيتان اللتان تمثلان أقصى امتداد لليابس على الكرة الأرضية شمالاً وجنوباً. وأعطى لكل قسم أيضاً حرف

من حروف الهجاء يبدأ من A إلى S شمالاً، ومن A إلى O جنوباً.



(شكل رقم: ٥ـ ١٢) شبكة الاحداثيات الخاصة بالخرائط المليونية
مبين عليها موقع اللوحات الخاصة بالقطر المصري.

(ج) قسم الاستواء الذي يمثل ٣٦٠ درجة طولية إلى ٦٠ قسماً كل واحد منها يمثل ٦ درجات طولية تبدأ من خط الطول الأساسي وهو ١٨٠ درجة في اتجاه الشرق، وأعطى لكل قسم رقم يبدأ من ١ إلى ٦٠ ونلاحظ أن خط طول جرينتش يفصل بين القسم ٣٠ إلى الغرب منه والقسم ٣١ إلى الشرق منه.

(د) وعلى أساس ما تقدم تكّونت شبكة من المستطيلات قسم إليها سطح الكرة الأرضية، وأبعاد كل منها ٤ درجات عرضية × ٦ درجات طولية. ولكل مستطيل اسمه الدال عليه وهو عبارة عن حرف N إذا كان في نصف الكرة

الشمالي، S إذا كان في نصف الكرة الجنوبي، وحرف من A إلى S شمالاً، أو من A إلى O جنوباً ليدل على الموقع بالنسبة لدوائر العرض، ورقم من ١ إلى ٦٠ ليدل على الموقع بالنسبة لخطوط الطول. هذا بالإضافة إلى اسم اللوحة الذي يطلق عليها حسب أشهر معلم جغرافي تمثله هذه الخريطة كأن يكون جبل أو وادي أو مدينة... الخ. فمثلاً مدينة الاسكندرية تقع في اللوحة المعروفة باسم لوحة الاسكندرية ورقمها NH35 أي أنها تقع شمال خط الاستواء، ودليلنا على ذلك الحرف N وإنها تقع بين دائرتي عرض ٢٨ درجة، و ٣٢ شمالاً والدليل على ذلك الحرف H والرقم ٣٥ يدلنا على موقعها بين خطي طول ٢٤ درجة، ٣٠ درجة شرق جرينتش.

ترتيب الخرائط المليونية وأبعادها:

تم الاتفاق دولياً على تطبيق نظام الخريطة المليونية في عملية ترتيب الخرائط ذات المقياس المختلفة والتي تشتق من المقياس ١: ١٠٠٠,٠٠٠ حسب أبعاد كل خريطة وهي كما يلي:

(أ) خرائط ١: ١٠٠٠,٠٠٠:

وتغطي مساحة أبعادها ٦ درجة طولية × ٤ درجة عرضية، وهذه تشمل أربع خرائط من مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، و ٢٤ خريطة من مقياس ١: ٢٥٠٠٠٠، و ٩٦ خريطة من مقياس ١: ١٠٠,٠٠٠. وكل هذه الخرائط تتبع النظام المليوني في ترقيمها (شكل رقم ٦ ـ ١٢).

(ب) خرائط ١: ٥٠٠,٠٠٠:

تمثل الخريطة من هذا المقياس في مساحتها ربع مساحة الخريطة ١: ١٠٠,٠٠٠. وأبعاد كل خريطة من الخرائط الأربعة هي ٣ طولية × ٢ عرضية. ويعطى لكل ربع (أي خريطة) رمز يدل عليه وهي NE شمال شرق SE جنوب شرق، SW جنوب غرب، NW شمال غرب. ويضاف أي حرفين منها

إلى رقم اللوحة المليونية الأصلية. فمثلاً لوحة الاسكندرية التي رقمها NH35 تضم أربعة لوحات مقياس: ١ : ٥٠٠,٠٠٠ أرقامها NH 35NW, NH 35SW, NH 35NE, NH 35SE.

وتحتوي الخريطة ١ : ٥٠٠,٠٠٠ على ٦ خرائط مقياس ١ : ٢٥٠,٠٠٠، ٢٤ خريطة من الخرائط مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠.

(ج) خرائط ١ : ٢٥٠,٠٠٠:

تنقسم الخريطة المليونية في مساحتها إلى ٢٤ خريطة من مقياس ١ : ٢٥٠,٠٠٠ أبعاد كل منها ١ درجة طولية × ١ عرضية. ويعطى لكل خريطة منها حرف من حروف الهجاء يبدأ من A حتى X ويبدأ الترقيم من الركن الجنوبي الغربي في اتجاه الشرق حتى تنتهي بالركن الشمالي الشرقي (شكل رقم ٦ جـ ـ ١٢).

والخرائط ذات المقاييس الثلاثة السابقة هي الخرائط الدولية التي رسمت بها مناطق القطر المصري. ويلاحظ على هذه الخرائط أنها مكتوبة باللغتين الانكليزية والعربية، وتكتب فيها الأسماء المحلية باللغة الانكليزية، فمثلاً كتبت مدينة الاسكندرية باسمها المحلي Alaskadaria إلى جانب الاسم الدولي Alexandria وبالمثل كتبت القاهرة Alkahera إلى جانب الاسم Cairo.

(د) خرائط ١ : ١٠٠,٠٠٠:

وتشمل خرائط هذا المقياس المناطق الآهلة بالسكان والمناطق المزروعة في القطر المصري (الوادي والدلتا والواحات). ورتبت على شكل اطلب في مجلدين يضم الأول منها خرائط الوجه البحري والفيوم وبني سويف، بينما يحتوي الثاني على خرائط محافظات الوجه قبلي والصحراويين الشرقية والغربية وشبه جزيرة سيناء. وحتى يوليو عام ١٩٦٨ تم تنفيذ ٥٢ لوحة من هذا الأطلس، أما باقي اللوحات لم تصدر بعد وهي ٥٨ لوحة للصحراء الشرقية، ٥٣

لوحة لشمال الصحراء الغربية حتى جنوب سيوه، ١٢ لوحة للواحات الخارجَة والداخلة والفرافرة، ١٢ لوحة لشبه جزيرة سيناء، ٨ لوحات لغرب ادندان. وتجدر الملاحظة هنا إلى أن الجزء الأكبر من جوب الصحراء الغربية لم ترسم خرائط له بعد بهذا المقياس.

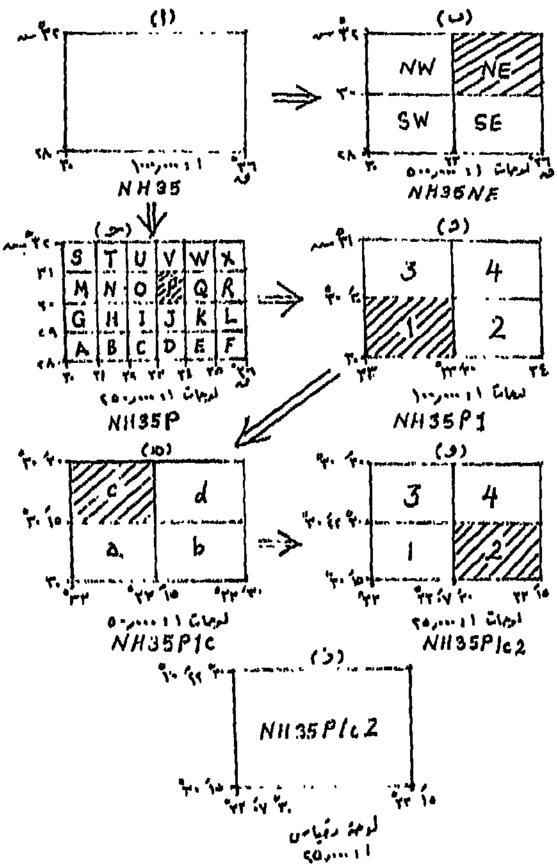
وتمثل الخريطة مقياس ١: ١٠٠,٠٠٠ منطقة أبعادها ٣٠ دقيقة طولية × ٣٠ دقيقة عرضية، أي أن الخريطة مقياس ١: ٢٥٠,٠٠٠ تنقسم إلى أربعة لوحات بمقياس ١: ١٠,٠٠٠ التي تعطي لكل لوحة منها رقماً من ١ إلى ٤ بالإضافة إلى رقم اللوحة ١: ٢٥٠,٠٠٠ ابتداء من الركن الجنوبي الغربي. وتحتوي اللوحة بمقياس ١: ١٠٠,٠٠٠ على أربعة لوحات بمقياس ١: ٥٠,٠٠٠ وإلى ١٦ لوحة بمقياس ١: ٢٥,٠٠٠ (شكل رقم ٦ د ـ ١٢).

(هـ) خرائط: ١: ٥٠٠,٠٠٠:

تمثل أي لوحة من هذا المقياس منطقة أبعادها ١٥ دقيقة طولية × ١٥ دقيقة عرضية، وهي بذلك تمثل واحدة من أربعة لوحات تضمها الخريطة ١: ١٠٠,٠٠٠، ويعطي لكل منها حرف من حروف الهجاء الصغيرة ابتداء من الركن الجنوبي الغربي بحرف a إلى حرف d في الركن الشمالي الشرقي. ويضاف هذا الحرف إلى احداثي اللوحة ١: ١٠٠,٠٠٠. ولكل لوحة من مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠ تحتوي على أربعة لوحات مقياس ١: ٢٥,٠٠٠ (شكل رقم ٦ هـ ـ ١٢).

(و) خرائط ١: ٢٥,٠٠٠:

تمثل خرائط هذا المقياس منطقة أبعاده ٧,٥ دقيقة طولية × ٧,٥ دقيقة عرضية. وحيث أنها واحدة من أربعة خرائط تنقسم إليها الخريطة ١: ٥٠,٠٠٠ فإنها تأخذ أرقاماً ابتداء من الرقم ١ في الركن الجنوبي الغربي إلى الرقم ٤ في الركن الشمالي الشرقي. ويضاف الرقم إلى إحداثي اللوحة مقياس ١: ٥٠,٠٠٠ (شكل رقم ٦ و ـ ١٢).



(شكل رقم: ٦ ـ ١٢) ترتيب الخرائط حسب النظام المليوني الدولي

٢ ـ مجموعة الخرائط الكبيرة المقياس:

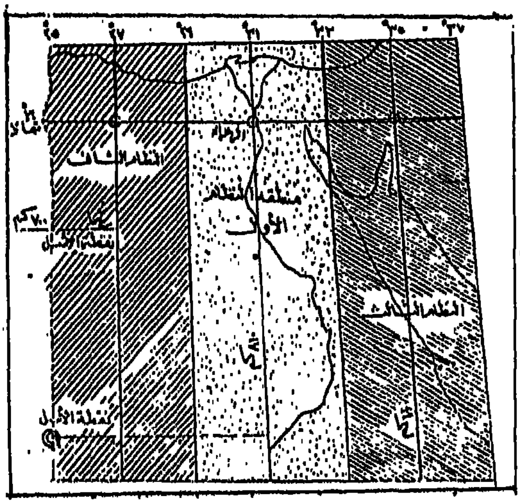
هناك عدة طرق لترتيب الخرائط الكبيرة المقياس حسب مقياس رسمها وذلك حتى يمكن الاستدلال عليها سريعاً، ولمعرفة مواضعها بالنسبة إلى الخرائط المحيطة بها. وعلى العموم فإنه توجد طريقتان لترتيب الخرائط الطبوغرافية والخرائط التفصيلية المصرية هما: طريقة الاتجاه، وهي الطريقة

التي استغنت عنها مصلحة المساحة المصرية وإن كانت الخرائط المرتبة على أساس هذه الطريقة ما زالت تحت التداول وستظل كذلك حتى تستهلك. أما الطريقة الثانية فهي طريقة الكيلومتر، وهي الطريقة المستخدمة في الوقت الحاضر في مصلحة المساحة المصرية، والمناطق التي ترسم لها خرائط كيلومترية تلغي خرائطها الاتجاهية. وفيما يلي دراسة تفصيلية لكل من هاتين الطريقتين:

١ ـ طريقة الاتجاه:

كانت تستخدم هذه الطريقة للخرائط ذات المقاييس ١: ٥٠,٠٠٠، ١: ٢٥,٠٠٠، ١: ١٠,٠٠٠، وتعتمد هذه الطريقة على أن القطر المصري يمتد غرباً إلى خط طول ٢٥ درجة شرقاً ويمتد شرقاً إلى خط طول ٣٧ درجة شرقاً أي ١٢ درجة طولية، وبناء على ذلك فقد اتبعت ثلاثة نظم من الاحداثيات كل نظام منها يحتوي على ٤ درجات طول. والنظام الأول اختير له خط طول ٣١ درجة شرقاً. ويشمل هذا النظام المنطقة المحصور بين خطي طول ٢٩ درجة و ٣٣ درجة شرقاً أي منطقة وادي النيل والجزء المجاور للوادي من الصحراء الغربية وجزء من الصحراء الشرقية شمال وجنوب قنا وجزء صغير من شبه جزيرة سيناء. ويعد هذا النظام من أقدم نظم الاحداثيات في مصر وفيه اختير محوريين أحدهما محور رأسي يمر بالشمال والجنوب بخط طول ٣١ درجة شرقاً والآخر محور أفقي يمر بالشرق والغرب بدائرة عرض ٣٠ درجة شمالاً، ويتقابل المحوران عند نقطة تبعد ١٢ كيلومتراً غربي الهرم الأكبر وتسمى هذه النقطة بالزهراء (فينوس Venus) (شكل رقم ٧ ـ ١٢).

والنظامان الآخران وإن كان لا يهمانا كثيراً لأن النظام السابق ذكره هو الذي يشمل المناطق الزراعية وهي التي تهمنا دراستها إلا أننا سوف نذكرها بإيجاز. فالنظام الثاني يحتوي على المنطقة التي تمثل الجزء الشمالي من الصحراء الغربية الواقعة بين خطي طول ٢٥ درجة ٢٩ درجة شرقاً. ونقطة



(شكل رقم: ٧ ـ ١٢) نظام إحداثيات الخرائط المصرية بطريقة الاتجاه.

الأصل فيه كانت تقع عند تقاطع خط طول ٢٧ درجة شرقاً مع دائرة عرض ٣٠ درجة شمالاً ثم نقلت هذه النقطة داخل حدود ليبيا. والنظام الثالث يشمل المنطقة الباقية من الصحراء الشرقية وسيناء والأقطار المجاورة لمصر، أي أنه يشمل المنطقة الواقعة بين خطي طول ٣٣ درجة و ٣٧ درجة شرقاً، ونقلت نقطة الأصل لهذا النظام من تقاطع خط طول ٣٥ درجة شرقاً مع دائرة عرض ٣٠ درجة شمالاً إلى منطقة أخرى تبعد ٣٠٠ كيلومتر غرباً و ١١٠٠ كيلومتر جنوباً.

وقد ألغيت طريقة الاتجاه بالنسبة للمقاييس ١ : ٥٠,٠٠٠، ١ : ٢٥,٠٠٠، أما الخرائط مقاييس ١ : ١٠,٠٠٠، ١ : ٢,٥٠٠ فترتب لوحاتها كالآتي:

خرائط مقياس ١ : ١٠,٠٠٠:

رتبت لوحات هذا المقياس تبعاً للنظام الأول للاحداثيات السابق ذكره وبالنسبة للمحورين، وتسمى اللوحة أولاً بإحداثيات الركن الجنوبي الغربي

للوحة (الركن الأسفل إلى اليسار) ثم ثانياً باسم الربع الواقع فيه اللوحة (شكل رقم ٨ ـ ١٢) فمثلاً:

اللوحة:

(أ) = ١ ـ ٢ جنوب غرب

(ب) = ٣ ـ صفر شمال شرق

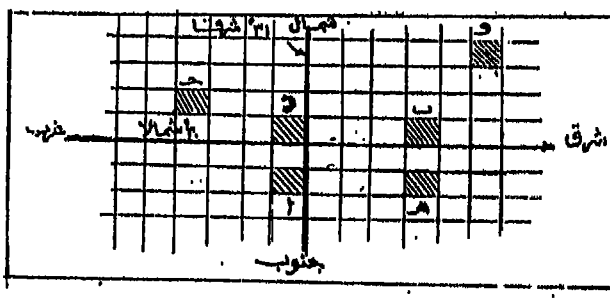
(ج) = ٤ ـ ١ شمال غرب

(د) = ١ ـ صفر شمال غرب

(هـ) = ٣ ـ ٢ جنوب شرق

(و) = ٦ ـ ٣ شمال شرق

أي أن كتابة احداثي اللوحة يكون بذكر الاحداثي الأفقي ثم الاحداثي الرأسي للركن الجنوبي الغربي ثم الربع الذي تقع فيه اللوحة.

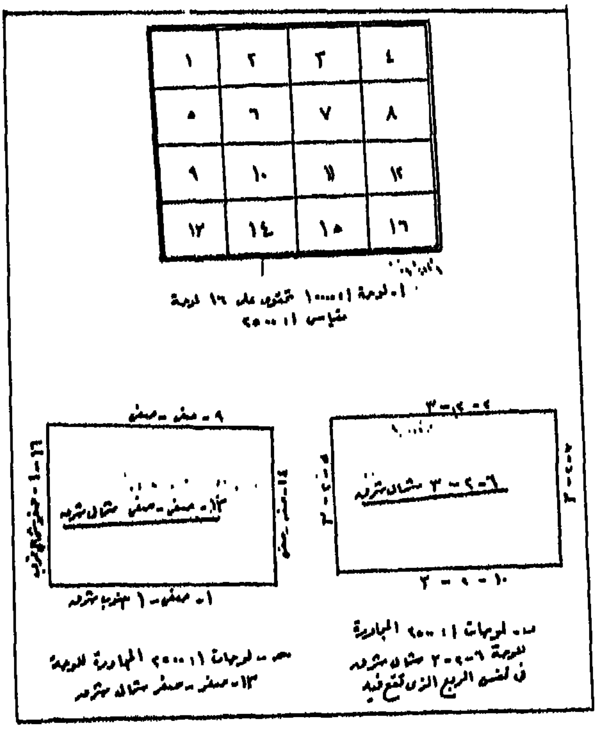


(شكل رقم: ٨ ـ ١٢) ترتيب الخرائط ١: ١٠,٠٠٠ بطريقة الاتجاه.

خرائط مقياس ١: ٢٥٠٠:

ترسم اللوحة المرسومة بمقياس ١: ١٠,٠٠٠ في ١٦ لوحة من نفس الحجم بمقياس ١: ٢٥٠٠ وعلى هذا الأساس فإن كل لوحة من خرائط ١: ١٠٠٠٠ تحوي ١٦ لوحة من خرائط: ١: ٢٥٠٠ مرتبة بأرقام من ١: ١٦ (شكل رقم ١٥ ـ ٩). فمثلاً الرقم (١) يدل على الخريطة المرسومة بمقياس ١: ٢٥٠٠ وتحوي من التفاصيل هذا الجزء من خريطة ١: ١٠٠٠٠، ومساحة

الخريطة هو مساحة اللوحة الورق لخريطة ١ : ١٠٠٠٠. وتسمى اللوحة ١ : ٢٥٠٠ أولاً برقم اللوحة ثم ثانياً رقم اللوحة مقياس ١ : ١٠٠٠٠ الحاوية لها، ثم ثالثاً الربع الواقع فيه الخريطة: ١ : ١٠٠٠٠ الحاوية للخريطة ١ : ٢٥٠٠. فمثلاً إذا كانت اللوحة ١ : ١٠٠٠٠ الحاوية لها هو ٢ ـ ٣ شمال شرق ورقمهما هو ٦ فإن اللوحة تسمى ٦ ـ ٢ ـ ٣ شمال شرق. ولسهولة معرفة اللوحة أو اللوحات المجاورة لأي لوحة من لوحات ١ : ٢٥٠٠ لطلبها عند الحاجة نكتب على اللوحة من الجهات الأربع أرقام اللوحات المجاورة لها (شكل رقم ٩ ـ ١٢) وكما ترى أنه عند كتابة أرقام اللوحات المجاورة لا نذكر مرة أخرى الربع الذي تقع فيه اللوحة ١ : ١٠٠٠٠ ما دام هذا الربع لم يتغير عن الربع الواقع فيه اللوحة الأصلية، أما إذا تغير الربع فلا بد من كتابته كما في (شكل رقم ٩ جـ ـ ١٢).



(شكل رقم: ٩ ـ ١٢) احداثيات خرائط مقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ طريقة الاتجاه.

٢ ـ طريقة الكيلومتر:

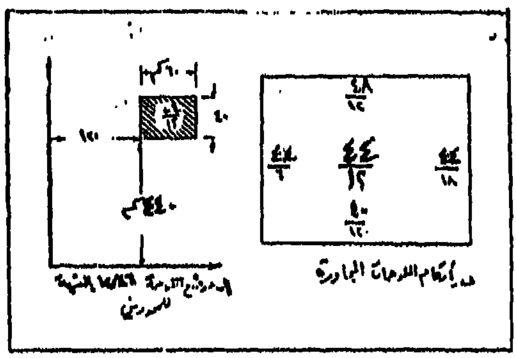
تختلف هذه الطريقة عن طريقة الاتجاه السابق ذكرها في أن نقطة الأصل قد نقلت إلى أقصى الجنوب وأقصى الغرب من مصر بحيث تقع جميع الأماكن من الجنوب عند أسوان إلى أقصى الشمال عند البحر المتوسط، واتخذت هذه النقطة أقرب ما يمكن إلى الركن الجنوبي الغربي للحدود المصرية قريباً من جبل العوينات، ونقطة الأصل الجديدة االمستخدمة في طريقة الكيلومتر تبعد عن نقطة الأصل القديمة بحوالي ٦١٠ كيلومتراً جنوباً و ٦١٥ كيلومتراً غرباً. وأساس هذه الطريقة هو اختيار محواران أحدهما محور رأسي ماراً بالسلوم على أساس أنها نهاية الحدود المصرية الغربية والآخر محور أفقي يمر بمدينة الود (جنوب أسوان) على أساس أنها نهاية حدود الأراضي الزراعية لمصر جنوباً ونقطة تلاقيهما صفر، وبذلك تكون الإحداثيات لكل الخرائط موجبة. ولكن الحاجة دعت إلى عمل خرائط جنوب الود وإعطيت لها أرقام خاصة بها مميزة بحرف (ج)، وتغطي كل خريطة تبعاً لذلك مساحة معينة بطول وعرض معينين.

وتفضل طريقة الكيلومتر على طريقة الاتجاه حيث أنه يمكن الاستدلال منها مباشرة على موقع الخريطة بالنسبة للجمهورية بمجرد ذكر رقم الخريطة فالإحداثيات فيها موجبة. وقد غطيت المناطق كلها بخرائط مختلفة المقياس. والجدول التالي يبين مقاييس الخرائط المرتبة بهذه الطريقة وأبعاد لوحات هذه المقاييس، أي أبعاد المنطقة التي تمثلها في الطبيعة.

المقياس	طول المنطقة (ك.م.)	عرض المنطقة (ك.م.)	نوع الخريطة
١: ١٠٠٠٠٠	٦٠	٤٠	طبوغرافية
١: ٢٥٠٠٠	١٥	١٠	طبوغرافية
١: ٢٥٠٠	١,٥	١	فلك الزمام زراعية
١: ١٠٠٠	,٦	,٤٠	تفريد المدن
١: ٥٠٠	,٣٠	,٢٠	تفريد المدن

خرائط ١ : ١٠٠٠٠٠ :

تبين هذه الخرائط الطبوغرافية، وتفاصيل مساحتها ٦٠ × ٤٠ كيلومتراً، برقم لوحاتها بواسطة كسر اعتيادي بسطه الإحداثي الرأسي للركن الجنوبي الغربي للوحة بعشرات الكيلومترات والمقام الإحداثي الأفقي لهذا الركن بعشرات الكيلومترات أيضاً. فمثلاً اللوحة ٣٨/٢٦ معناها أنها اللوحة التي يبعد ركنها الجنوبي الغربي (الأسفل إلى اليسار) عن المحور الأفقي مسافة ٢٦٠ كيلومتراً وعن المحور الرأسي ٣٨٠ كيلومتراً. ولا يذكر في أرقام اللوحات المجاورة إلا الابعاد بعشرات الكيلومترات، فمثلاً الخرائط المجاورة للخريطة رقم ١٢/٤٦ مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠٠ فإن الشكل رقم (١٠ أ ـ ١٢) للمحورين، والشكل رقم (١٠ ب ـ ١٢) يبين أرقام اللوحات المجاورة.

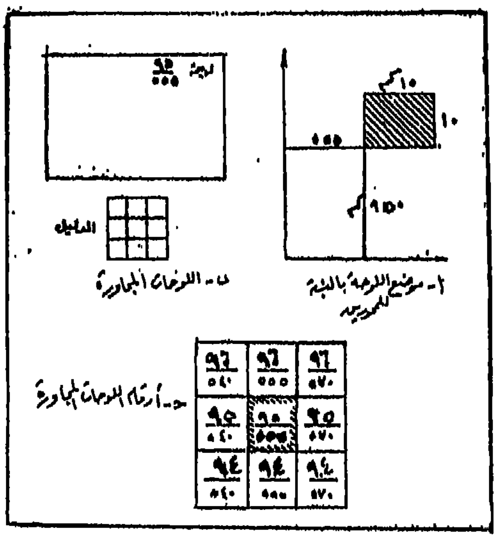


(شكل رقم: ١٠ ـ ١٢) إحداثيات خرائط ١ : ١٠٠,٠٠٠ (طريقة الكيلومتر).

خرائط ١ : ٢٥٠٠٠ :

تبين هذه الخرائط طبوغرافية منطقة مساحتها ١٥ × ١٠ كيلومتر ويبين رقم لوحاتها على هيئة كسر اعتيادي أيضاً بسطه الإحداثي الرأسي للركن الجنوبي الغربي للوحة بعشرات الكيلومترات والمقام الإحداثي الأفقي لهذا الركن

بالكيلومترات، مثلاً اللوحة شكل رقم (١١ أ ـ ١٢) ٩٥/ ٥٥٥ معناها أنها اللوحة التي يبعد ركنها الأسفل إلى اليسار عن المحور الأفقي ٩٥٠ كيلومتراً وعن المحور الرأسي ٥٥٥ كيلومتراً. ولا تكتب أرقام اللوحات المجاورة حول الخريطة وإنما توضع في دليل أسفل الخريطة كما في شكل رقم (١١ ب ـ ١٢) حيث تبين اللوحة مهشرة بخطوط، وكذلك أرقام اللوحات الثمانية المجاورة. ويلاحظ أن البسط كما ذكرنا بعشرات الكيلومترات فنجد أن الفرق بين اللوحة ٩٥/ ٥٥٥ واللوحة التي أسفلها ٩٤/ ٥٥٥ يساوي واحد فقط في البسط وهذا الفرق يساوي ١٠ كيلومتراً. أما الفرق في المقام فهو يساوي ١٥ كيلومتراً وهو عرض اللوحة.

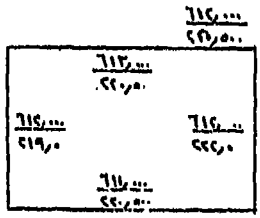


(شكل رقم: ١١ ـ ١٢) إحداثيات خرائط ١ : ٢٥,٠٠٠ (طريقة الكيلومتر).

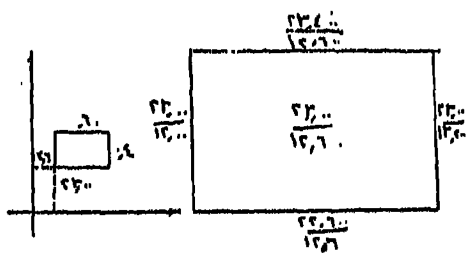
خرائط فك الزمام ١ : ٢٥٠٠:

تبين هذه الخرائط تفاصيل منطقة طولها ١,٥ كيلومتراً شرقاً، وغرباً وعرضها كيلومتراً واحداً (شمالاً وجنوباً) وبذلك فإن لوحة ١ : ٢٥٠٠٠ تحوي

١٠٠ لوحة زراعية مقياس ١: ٢٥٠٠، وتعطى كل لوحة رقم معين يكتب في الركن العلوي الأيمن. ورقم اللوحة عبارة عن كسر بسطه وهو بعد الحافة الجنوبية للوحة على المحور الأفقي ومقامه هو بُعد الحافة الغربية عن المحور الرأسي وتكتب المسافات بالكيلومترات مباشرة (شكل رقم ١٢ ـ ١٢ أ) على أضلاع اللوحة نفسها ولا تكتب في دليل. وهذه الخرائط تستعمل بكثرة في الأرياف حيث أنها تبين حدود الأملاك والأحواض الزراعية.



أ ـ خرائط مقياس ١: ٢٥٠٠



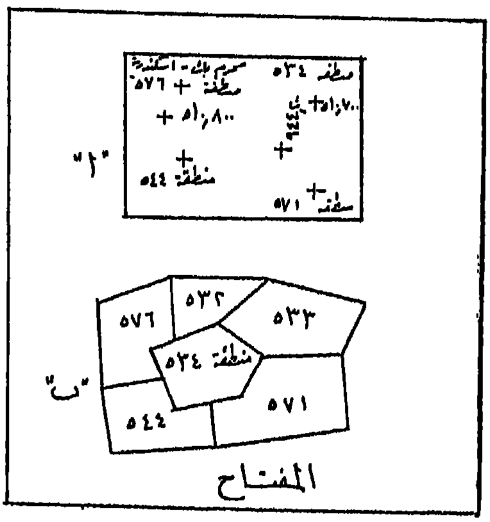
ب ـ خرائط مقياس ١: ١٠٠٠

(شكل رقم: ١٢ ـ ١٢) إحداثيات خرائط
١: ٢٥,٠٠٠، ١: ١٠٠٠ (طريقة الكيلومتر).

خرائط تفريد المدن ١: ١٠٠٠، ١: ٥٠٠:

ترسم الخرائط التفصيلية بهذين المقياسين في المدن، حيث أنها تبين عليها حدود المباني وممتلكات الأفراد والشوارع وغيرها من التفاصيل. ونظام ترتيب الخرائط مقياس ١: ١٠٠٠ هو نفس نظام الخرائط مقياس ١: ٢٥٠٠ غير

أن خرائطها تغطي مساحة ٠,٦ × ٠,٤ كيلومتراً ورقم اللوحة أيضاً عبارة عن كسر بسطه هو إحداثي الركن الجنوبـي الغربـي أي بعده عن المحور الأفقي ومقامه هو بُعد هذا الركن عن المحور الرأسي. فمثلاً اللوحة رقم ٤٨,٦/٧٨ معناها أن الحد السفلي للوحة يبعد عن الدر مسافة ٧٨ كيلومتراً بينما تبعد حافتها اليسرى عن السلوم بمقدار ٤٨,٦ وتكتب اللوحات الأربعة المحيطة بها وذلك لتسهيل إيجاد هذه اللوحات بدون عناء (شكل رقم ١٢ ب ـ ١٢).



(شكل رقم: ١٣ ـ ١٢) إحداثيات خرائط ١ : ٥٠٠ (طريقة الكيلومتر).

أما خرائط تفريد المدن مقياس (١ : ٥٠٠) فإن ترتيبها هو نفس نظام ترتيب خرائط تفريد المدن ١ : ١٠٠٠، غير أن طولها ٠,٣ كيلومتراً وعرضها ٠,٢ كيلومتراً ويكتب على الخريطة رقم المنطقة وأرقام الخرائط المجاورة وعلامات (+) التي تكون إحداثياتها معروفة ومكتوبة بجوارها (شكل رقم ١٣ أ ـ ١٢). ونظراً لعدم معرفة نظام وأرقام الخرائط بالمدينة، فقد وضع ما يعرف بمفتاح المدينة الذي يرسم مبيناً عليه أرقام الخرائط المحيطة للمنطقة (شكل رقم ١٣ ب ـ ١٢).

الفصل الثالث عشر
تصنيف الخرائط

اهتمت دول العالم المختلفة ـ خلال القرن الماضي ـ برسم الخرائط لأراضيها، وكان هذا الاهتمام يختلف من دولة لأخرى حسب تقدم عمليات وطرق المساحة في كل منها. وقد كانت الخرائط قديماً توجه لخدمة الأغراض العسكرية. ولكن وجد أيضاً أنها أفادت المهندسين والجيولوجيين وطلاب العلم والثقافة والسياحة بل والمشتغلين في شتى نواحي الحياة الاقتصادية، ولكل ذلك اتجهت عناية حكومات الدول برسم الخرائط وإنشائها لخدمة شتى الأغراض ومختلف الأفراع من الدراسات والإنتاج. ومما تجدر الإشارة إليه أن الحكومات في الدول هي الهيئات الوحيدة التي تقوم بنشر وإصدار الخرائط، أي أن رسم الخرائط يعتبر عملاً رسمياً تقوم به الحكومات دون الأفراد.

وهناك جهود كثيرة بذلت لتصنيف الخرائط الهائلة العدد تصنيفاً دقيقاً، إلا أننا سوف نعرض فيما يلي أهم الأسس التي يمكن أن يقوم عليها تصنيف وتنوع الخرائط.

الأساس الأول: مقياس الرسم.

الأساس الثاني: الغرض الذي أنشأت من أجله الخريطة.

الأساس الثالث: طريقة عرض الظواهر الجغرافية.

أولاً ـ أنواع الخرائط تبعاً لمقياس الرسم:

يستخدم مقياس الرسم كأساس أو دليل لتصنيف الخرائط وذلك تبعاً للاختلاف الكبير في مقاييس رسم الخرائط. وتنقسم الخرائط على حسب مقياس رسمها إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

أولاً ـ الخرائط التفصيلية (الكدسترالية)

يطلق على هذا النوع من الخرائط اصطلاح Plan وهي خرائط ذات مقياس رسم كبير ١: ٥٠٠، ١: ١٠٠٠، ١: ٢٥٠٠ ولا يزيد عن ١: ٢٠,٠٠٠ وتعرض لمساحة صغيرة محدودة، ولذلك تظهر بها كافة التفاصيل بكل وضوح، حتى أننا نجد العلامات الاصطلاحية بها أقرب ما تكون إلى شكلها الحقيقي. وتشتهر هذه الخرائط باسم الخرائط الكدسترالية، ويمكن تقسيم الخرائط التفصيلية Plan إلى قسمين رئيسيين:

١ ـ **خرائط تفريد المدن، أو الخرائط الكدسترالية المدنية**: وهي خرائط تفصيلية بمقياس كبير (١: ٥٠٠٠، ١: ١٠٠٠) ويبين فيها تخطيط المدن من شوارع وخطوط الكهرباء وخطوط المواصلات (ترام، أتوبيس، السكك الحديدية) وحدود المباني، المدارس، مراكز الشرطة، ومحطات إطفاء الحريق وغيرها من معالم المدينة، ولخرائط تفريد المدن أهمية خاصة في برامج تخطيط المدن إذ أنها تتخذ كأداة ضرورية أو كخرائط أساسية توقع عليها كل أنواع الاستخدامات في المدينة.

٢ ـ **خرائط فك الزمام أو الخرائط الكدسترالية الزراعية**: وهي خرائط تبين حدود الأحواض الزراعية والعقارات والملكيات وهي تفاصيل تلزم في الشؤون الخاصة بالضرائب المستحقة على الزمامات والأملاك وكذلك تقسيم الأراضي والملكيات وتعديلها. وتصدر مصلحة المساحة المصرية خرائط فك الزمام بمقياس ١: ٢٥٠٠.

ثانياً ـ الخرائط الطبوغرافية

يعني اصطلاح (طبوغرافيا) الرسم التفصيلي أو وصف المكان، وهو اصطلاح مشتق من الكلمتين اليونانيتين Topos ومعناها مكان، Graphia ومعناها طريقة رسم أو وصف. وعلى ذلك فالخرائط الطبوغرافية هي خرائط ذات مقياس رسم كبير، ولكنه أصغر من مقياس رسم الخرائط التفصيلية، إذ أنها تصور منطقة صغيرة من سطح الأرض بما عليها من ظاهرات طبيعية وبشرية ويتراوح مقياس رسم الخرائط الطبوغرافية بين ١ : ٥٠,٠٠٠، ١ : ٥٠٠,٠٠٠ ولا يقل عن ذلك، وتجمع هذه الخرائط بين التفاصيل إلى حد ما، وإعطاء الفكرة العامة بقدر محدود، وإظهار الشخصية الخاصة للإقليم، ونجد أن الخريطة المرسومة بمثل هذه المقاييس توضح معالم الجهات بالتفصيل. ويستعين بها المهندسون في اختيار المناطق الملائمة لمد السكك الحديدية. وإنشاء الطرق والكباري وحفر المصارف، كما يستعين بها رجال الجيش في اختيار المناطق التي تصلح للهجوم أو الدفاع أو إقامة المعسكرات والمطارات.

وتستخدم مصلحة المساحة المصرية عدة مقاييس في خرائطها الطبوغرافية، ومن أهمها الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ وهي التي تنشرها على شكل سلسلة من الخرائط بعنوان «أطلس مصر الطبوغرافي» كما أصدرت عدة خرائط أخرى بمقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠ (٤ طول، ٢,٥ عرض) منها لوحات لسيناء، ومطروح، والبحيرة، وأسيوط، وقنا، وأسوان، والقصير، والعوينات. كما رسمت خريطتان بمقياس ١ : ٣٠٠,٠٠٠ هما خريطة مواصلات الوجه البحري. وخريطة مواصلات الوجه القبلي.

وهناك ألوان اصطلاحية متفق عليها في تلوين الخرائط الطبوغرافية. فاللون الأخضر تلون به الأراضي الزراعية والحدائق والمتنزهات العامة، واللون الأصفر للطرق والأراضي الخالية والصحراوية، واللون الرمادي لأراضي السبخات، والرمادي المائل للزرقة للطرق المرصوفة، أما اللون الأحمر الطوبي

الفاتح فتلون به المباني غير الحكومية، واللون الأحمر الطوبي أو البني الداكن فيخصص لتلوين المباني الحكومية. أما اللون الأحمر القاني فيستخدم لتلوين الطرق من الدرجة الأولى، واللون البرتقالي لطرق الدرجة الثانية. بينما يستخدم اللون الأزرق لتلوين المسطحات المائية سواء كانت بحيرات أو برك أو مجاري نهرية، أما الأودية الجافة فتلون مجاريها باللون الأخضر في شكل خطوط متصلة أو متقطعة. ويستخدم اللون البني الفاتح في رسم خطوط الكنتور، وقد تلون بعض الفئات الكنتورية بدرجات متفاوتةٍ من اللون البني.

ثالثاً ـ الخرائط الأطلسية (الخرائط العالمية World Maps)

وهي خرائط ذات مقياس رسم صغير يقل عن ١ : ٥٠٠,٠٠٠ قد يكون مثلاً (١ : ١٠٠٠,٠٠٠ أو ١ : ٢,٥٠٠,٠٠٠)... وهكذا. ولذلك فإنها تسمى بالخرائط المليونية. وتعرض هذه الفئة من الخرائط لمساحات كبيرة من العالم فقد تشمل مثلاً العالم كله وذلك على مساحة صغيرة من الورق مما يؤدي إلى اختصار كثير من الظواهر والمعلومات الجغرافية. ومثلها الخرائط العامة (الخرائط الحائطية)، والغرض منها بيان الفكرة العامة للظواهر التي تعرضها، ومن أمثلة هذه الخرائط ما قامت به مصلحة المساحة المصرية من طبع خريطة للقطر كله بمقياس ١ : ٢,٠٠٠,٠٠٠ على لوحة واحدة تظهر المعالم الجغرافية من حدود وأنهار وغيره. وكذلك التقسيم الإداري لمصر. وكذلك تشمل هذه الفئة من الخرائط خرائط الأطالس الجغرافية والتي يمكن تمييزها عن الخرائط الطبوغرافية (الأكبر مقياس) تبعاً للاختلافات الثلاثة الآتية:

(أ) مسقط الخريطة: فالخرائط الأطلسية يؤخذ في الاعتبار عند رسمها توخ المسقط المناسب بينما لا يعتد بذلك كثيراً عند رسم الخرائط الطبوغرافية التي تبين مساحة صغير محدودة.

(ب) تستخدم نظم التلوين التقليدية بكثرة في خرائط الأطالس عنها في الخرائط الطبوغرافية.

(جـ) نظراً لصغر مقياس رسم الخرائط الأطلسية فإنه يؤدي إلى فقدان كثير من التفاصيل، ولكن لا بد من أن نذكر أن لمقياس الرسم الصغير مزاياه وفوائده في بعض الحالات إذ أنه يمكن من توقيع البيانات لمنطقة فسيحة بشكل مناسب، كما أنه يمكن من إعطاء فكرة شاملة عن توزيع ظاهرة جغرافية (مثل درجة الحرارة، الأمطار، السكان، المعادن) على مستوى كبير كقارة أو العالم مثلاً.

ويستخدم في مثل هذا النوع من الخرائط ألوان خاصة، فإذا كانت الخريطة تبين منطقة واسعة من سطح الأرض كقارة أو إقليم كبير المساحة يتصف بتباين التضاريس فيه تبايناً عظيماً، فإن الألوان المستخدمة في تغطية المساحات التي توضحها فئات الارتفاع تتباين من اللون الرمادي للمناطق دون مستوى سطح البحر إلى اللون الأخضر الداكن للمساحات من مستوى سطح البحر حتى ٢٠٠ متر، واللون الأخضر الفاتح من ٢٠٠ إلى ٤٠٠ متر فوق سطح البحر. أما اللون الأصفر فيستخدم لتلوين المناطق ذات المنسوب من ٤٠٠ إلى ١٠٠٠ متر، واللون البرتقالي الفاتح للمناطق من ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ متر، واللون البرتقالي المائل إلى الحمرة للمناطق من ٢٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ متر بينما يستخدم اللون البنفسجي الداكن للمناطق من ٣٠٠٠ إلى ٤٠٠٠ متر والبنفسجي الفاتح للمناطق من ٤٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ متر، واللون الأبيض للمناطق ذات المنسوب الأعلى من ٦٠٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر. وفي بعض الأطالس يستخدم اللون البني المتدرج في القتامة (الفاتح، المتوسط، الداكن) للمناطق ذات المنسوب من ٢٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ متر ومن ٣٠٠٠ إلى ٤٠٠٠ متر ومن ٤٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ متر، ثم يليه اللون البنفسجي للمناطق ذات المنسوب من ٥٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ متر، فاللون الأبيض للمناطق التي يزيد منسوبها عن ٦٠٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر.

ويستخدم اللون الأزرق بدرجاته لتلوين المسطحات المحيطية والبحرية

على الخرائط الأطلسية، وتزداد درجة قتامة اللون الأزرق مع تزايد مناسيب أعماق المسطح المائي. فتكون المناطق الساحلية باللون الأزرق الفاتح جداً (من صفر إلى ٥٠ متراً تحت مستوى سطح البحر). والأزرق الفاتح للمناطق بين ٥٠، ١٠٠ متر، والأزرق المتوسط للأعماق التي تزيد عن ١٠٠ متر. أما في الخرائط التي تبين المسطحات المائية المتسعة فيستخدم اللون الأبيض لتلوين المساحات المحصورة بخط عمق صفر إلى ٢٠٠ متر تحت مستوى سطح البحر، واللون الأزرق الفاتح جداً للمساحات من ٢٠٠ إلى ١٠٠٠ متر، واللون الأزرق الفاتح للمساحات من ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ متر بينما تلون المساحات ذات الأعماق من ٢٠٠٠ إلى ٤٠٠٠ متر تحت سطح البحر باللون الأزرق المتوسط القتامة، والمساحات من ٤٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ متر باللون الأزرق الداكن، أما المناطق ذات العمق أكثر من ٦٠٠٠ متر تحت مستوى سطح البحر فتلون باللون الأزرق الداكن جداً.

ثانياً: أنواع الخرائط حسب الغرض الذي أنشئت من أجله

تنقسم الخرائط تبعاً للغرض الذي أنشئت من أجله، أو بمعنى آخر تبعاً لنوع الظواهر الجغرافية الطبيعية والبشرية إلى عدة أنواع هي:

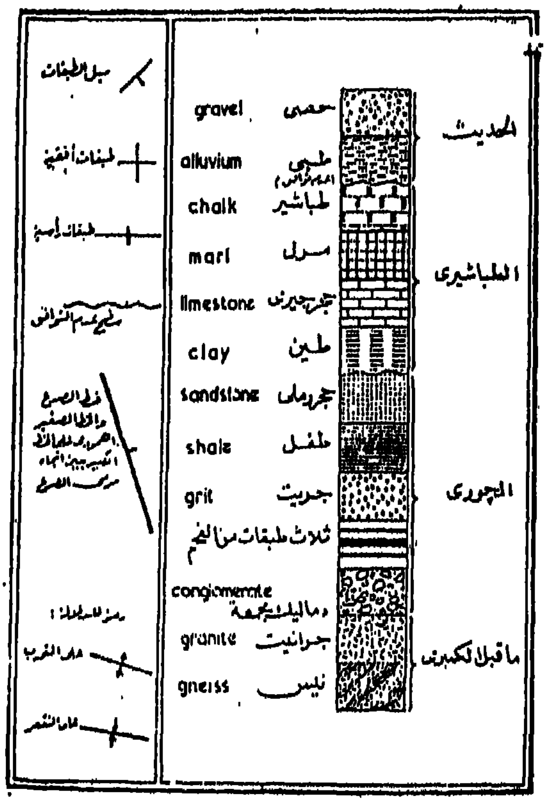
أولاً ـ الخرائط الطبيعية

١ ـ الخرائط الجيولوجية

تعرف الخريطة الجيولوجية بأنها عبارة عن ملخص بياني يوضح توزيع التركيب الصخري لإقليم معين وعادة ما يوقع ذلك على الخريطة الطبوغرافية التي تمثل معالم سطح الأرض. وتبعاً لذلك فإن الخريطة الجيولوجية ما هي إلا خريطة طبوغرافية يبين عليها توزيع الطبقات الصخرية المختلفة وتوضيح الأزمنة التي تكونت فيها والحركات التي تأثرت بها، وعلى أننا نجد خطوطاً كنتورية تساعدنا على معرفة سمك وميل طبقات الصخور، ولا يخفى علينا ما لذلك من

أهمية في اكتشاف واستغلال المناطق التي توجد بها الثروات ا لمعدنية.

وتتضمن كل خريطة جيولوجية دليل أو مفتاح للخريطة Legend يبين معاني الرموز على الخريطة كما يستدل منه على عمر الطبقات وطبيعة الكتل الصخرية المختلفة عن طريق بيان أنواع الصخور على شكل عمود تظهر أحدث الطبقات ترسباً في أعلى هذا العمود وأقدمها عند قاعدته، وتكتب على أحد جوانب العمود أسماء الصخور، ويكتب على الجانب الآخر المراحل الزمنية التي ترسبت فيها الأنواع الصخورية. وقد أصبحت الألوان أو التظليلات الدالة على أنواع معينة من الصخور مقننة ومألوفة أو نموذجية وذلك بسبب كثرة استخداماتها في الخرائط الجيولوجية (شكل رقم ١ ـ ١٣).



(شكل رقم: ١ ـ ١٣) دليل (مفتاح) للخريطة الجيولوجية.

وللخريطة الجيولوجية أهمية خاصة في الدراسات الطبيعية في الجغرافيا فهي تساعد على فهم نوع وطبيعة أشكال سطح الأرض، وتوزيع المعادن وموارد المياه والتربة، كما أن الخريطة الجيولوجية تعتبر أداة وافية المعلومات يمكن للجغرافي أن يستخدمها إذا كانت لديه القدرة على تفهم طريقة تمثيلها للظاهرات الجيولوجية من أجل تطبيقات عملية مثل استغلال بعض أنواع الصخور مثل الحجر الجيري ومواد البناء أو من أجل الاستفادة بها في الدراسات النظرية.

وتبين الظاهرات الجيولوجية مثل عمر وامتداد التراكيب الخاصة للقشرة الأرضية على الخرائط الجيولوجية باستخدام أنماط التظليل المختلفة أو الألوان المتنوعة، كما تستخدم أيضاً بعض الرموز الخاصة التي تدل على الخصائص التركيبية للصخور مثل ميل الطبقات وخطوط الانكسارات والتقعر والتحدب. وتتصف الألوان المستخدمة في الخرائط الجيولوجية بالتنافر حيث تبين الألوان المتضاربة الأنواع الصخرية أو الأقسام الجيولوجية المختلفة. وهناك ألوان اصطلاحية متفق عليها في تلوين الخرائط الجيولوجية ذات المقياس الكبير، فاللون الأحمر يستخدم للصخور النارية، واللون البنفسجي للصخور المتحولة، بينما تستخدم ألوان متعددة للصخور الرسوبية ابتداءً من اللون الأخضر للحجر الرملي والأزرق للحجر الجيري والرمادي للصلصال والبني الفاتح للطفل والبرتقالي المارل والأصفر للكونجلومرات، أما الخرائط الجيولوجية التي تبين أنواع الصخور حسب الأساس الزمني فإنها تستخدم ألوان لها دلالتها الخاصة، فاللون الأحمر والبنفسجي يستخدما لصخور ما قبل الكمبري، واللون البني لصخور الحجر الرملي النوبي غير المعروف زمنه إلا في قطاعاتها العلوية التي تنتمي إلى العصر الكريتاسي الأسفل، واللون الأخضر لصخور الكريتاسي الأعلى، واللون الأزرق لصخور عصر الأيوسين، والبرتقالي لصخور عصر الأوليجوسين، والأصفر لصخور عصر الميوسين، والأصفر المائل للبياض لصخور عصر البليوسين، واللون المماثل لبشرة الإنسان (البني الفاتح) لصخور البلايوستوسين والحديث، واللون البني للرواسب الفيضية. وهذه الألوان هي

المستخدمة في خريطة مصر الجيولوجية مقياس ١ : ٢٠٠,٠٠٠. أما في الخرائط الأطلسية التي تصنف الصخور على أساس زمني فإنها تستخدم ألواناً معينة، فصخور ما قبل الكمبري (الكتل القارية القديمة) تمثل باللون الأبيض المائل للصفرة، واللون البنفسجي لصخور زمن الحياة القديمة (الباليوزوي)، واللون البرتقالي لصخور العصر الترياسي، والأصفر الفاتح لصخور العصر الجوارسي، واللون الأخضر لصخور العصر الكريتاسي. أما صخور زمن الحياة الحديثة (الكاينوزوي) فتمثل باللون الأخضر الفاتح (الزيتوني) واللون الأصفر الباهت لصخور الزمن الرابع. أما الصخور البركانية (الطفحية) والمتداخلة فيستخدم لها اللونين الأحمر والأحمر القاني على الترتيب.

٢ ـ خرائط التضاريس (خرائط سطح الأرض)

توضح هذه الخرائط الشكل الطبيعي لسطح الأرض المتمثل في المرتفعات والمنخفضات والأنهار والوديان والبحيرات والجزر وغير ذلك من مظاهر سطح الأرض التي لا دخل للإنسان في وجودها. وقد سبق أن شرحنا الطرق المختلفة التي تستخدم لتمثيل سطح الأرض على الخرائط وعرفنا أن طريقة خطوط الكنتور تعتبر أعظم الطرق العلمية التي ابتكرت حتى الآن لتمثيل سطح الأرض. ولذا فهي الطريقة التي تستخدم على نطاق واسع بعد نشأة العمليات المساحية وتطور الأجهزة المساحية الدقيقة التي سهلت الحصول على البيانات الخاصة بالارتفاع والمواقع. ونشأ عن تعميم استخدام الكنتور في الخرائط الطبوغرافية ذات المقياس الصغير الخرائط التي تسمى «خرائط التضاريس» والتي كان لاستخدام التلوين المتدرج بين خطوط الكنتور فيها أكبر الأثر في إعطاء فكرة عامة عن شكل التضاريس بإبراز تدرج ارتفاع السطح، وهذا بدوره يساعد على فهم وتفسير تغيرات التضاريس لأي منطقة وهي دليل جغرافيتها الطبيعية التي تساعد بالتالي على تفسير كثير من حقائق الجغرافيا البشرية لهذه المنطقة. وأهم ما يوجه إلى خريطة التضاريس الممثلة بخطوط الكنتور من نقد هو أن الخريطة

تفتقد الشكل الحقيقي المجسم لسطح الأرض ولكن هذا النقد يتضاءل أمام المزايا العديدة لطريقة الكنتور كأسلوب في تمثيل سطح الأرض.

٣ ـ الخرائط البحرية

وهذه الخرائط تبين شكل تضاريس قيعان البحار والمحيطات، كما أنها توضح درجة الملوحة ودرجة الحرارة في المياه إلى جانب التيارات البحرية التي تسير فيها.

٤ ـ خرائط الطقس

توضح خرائط الطقس حالة الجو في إقليم ما لفترة لا تزيد عن ٢٤ ساعة، وعن طريقها يمكن التنبؤ بما سوف يطرأ على الجو من تغيير في اليوم التالي. ولذلك فهي تصدر يومياً، ويسجل عليها عناصر الطقس من واقع القراءات اليومية لعناصر الجو التي تصدرها المراصد المختلفة في مختلف جهات المنطقة التي تمثلها. وأهم هذه العناصر هي درجة الحرارة والضغط الجوي والرياح والسحب والأمطار والتي على أساسها يمكن التنبؤ بحالة الطقس.

٥ ـ خرائط المناخ

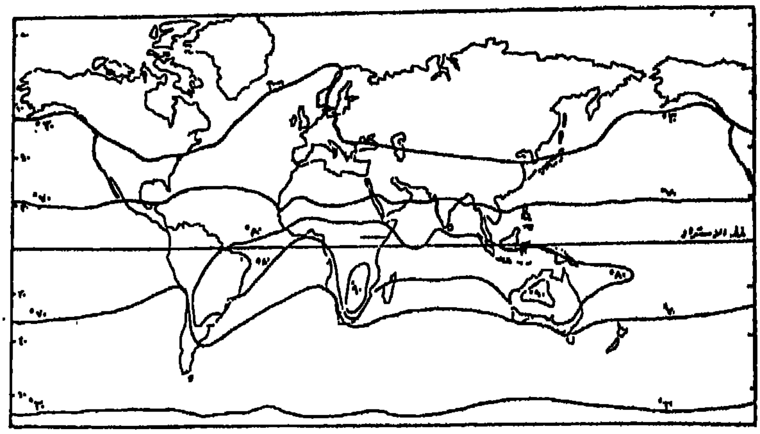
توضح هذه الخرائط الأحوال المناخية التي تسود مكاناً ما لمدة طويلة (فصل أو سنة أو عدة سنوات) وتختلف هذه الخرائط عن خرائط الطقس في أمرين هما:

(أ) خرائط الطقس توضح حالة الجو اليومية. أما خرائط المناخ فإنها توضحها في مدة طويلة، وبهذا تقوم الخرائط المناخية على أساس متوسطات الأحوال الجوية في هذه المدة.

(ب) أن جميع عناصر الجو توضح جميعها في خريطة واحدة للطقس. أما الخريطة المناخية فلا توضح إلا عنصراً واحداً فقط، إذ أن لكل عنصر خريطة مستقلة به. وفيما يلي تفصيل لبعض الخرائط المناخية:

(أ) خرائط الحرارة

تبين درجة الحرارة على الخرائط المناخية بواسطة خطوط الحرارة المتساوية (شكل رقم ٢ ـ ١٣) التي تصل بين الأماكن التي تتساوى فيها



شكل رقم (٢ ـ ١٣) خطوط الحرارة المتساوية المهمة لشهر يناير
(فصل الشتاء)

متوسطات درجة الحرارة في المدة المطلوب عمل خريطة لها (شهر، فصل، سنة). ويجب مراعاة تعديل هذه المتوسطات إلى سطح البحر، وذلك بإضافة درجة مئوية واحدة لكل ارتفاع مقداره ١٥٠ متر، فمثلاً إذا كان متوسط درجة الحرارة في فصل الصيف للمدينة (س) هو ٣٠ درجة مئوية وكانت هذه المدينة تقع على ارتفاع ٤٥٠ متراً فوق سطح البحر، فسوف يصبح متوسط درجة الحرارة المعدل لمستوى سطح البحر هو ٣٣ درجة مئوية. (٣٠ + $\frac{٤٥٠}{١٥٠}$)

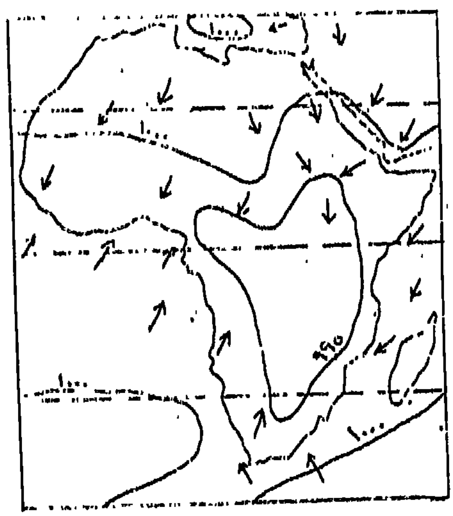
وتكون درجة الحرارة هذه الأساس الذي سيرسم عليه خط الحرارة المتساوي ٣٣ درجة مئوية. وتفيد هذه العملية في المقارنة بين الأماكن المختلفة وذلك

لأن أساس هذه المقارنة سيكون موحداً وهو الرجوع بالأماكن على أنها جميعاً ذات ارتفاع واحد يمثله مستوى سطح البحر.

ويستخدم اللون الأحمر بدرجاته في تلوين خرائط الحرارة، فيزداد اللون وكأنه مع الارتفاع في درجة الحرارة، أما المناطق القطبية الباردة فيمثلها اللون البرتقالي الفاتح واللون الأصفر.

(ب) خرائط الضغط الجوي:

يوضح الضغط الجوي على الخرائط بواسطة خطوط الضغط الجوي المتساوي (شكل رقم ٣ ـ ١٣)، وهي تصل بين الأماكن التي يتساوى فيها متوسط الضغط في المدة المراد عمل خريطة لها. ويراعى أيضاً تعديل متوسطات الضغط بالنسبة لسطح البحر. ويستخدم اللون البنفسجي المتدرج في تلوين خرائط الضغط الجوي، وأحياناً يستخدم اللون الأصفر بدرجاته، إذ يزداد اللون قتامة مع الارتفاع في الضغط الجوي.



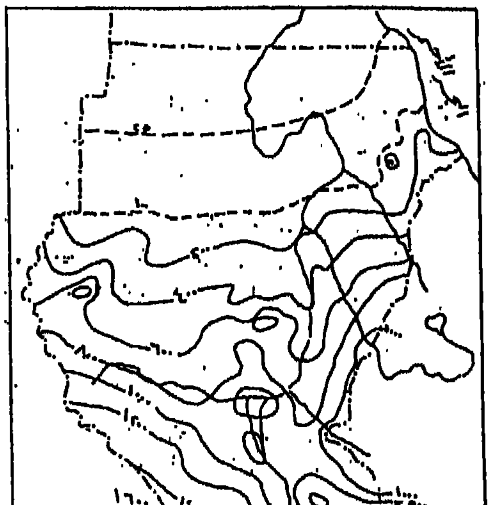
شكل رقم (٣ ـ ١٣) خطوط الضغط الجوي المتساوي والرياح على قارة إفريقيا

(جـ) خرائط الرياح:

توضح الرياح على الخرائط برسم أسهم تتجه من الاتجاه الذي تسير فيه الرياح. وفي أغلب الأحيان تبين الرياح مع خرائط الضغط الجوي وذلك لتوضيح الصلة بينهما.

(د) خرائط المطر:

تبين كمية المطر على الخرائط المناخية بواسطة التلوين أو التظليل (شكل رقم ٤ ـ ١٣) ويستدل من الخريطة مباشرة على الأقاليم الغزيرة الأمطار وكذلك الأقاليم القليلة أو النادرة المطر. ويتسخدم اللون الأزرق بدرجاته في تلوين المساحات الخاصة بالمناطق المطيرة واللون الأصفر للمناطق شبه الجافة، واللون البرتقالي الفاتح للمناطق الجافة، واللون البرتقالي وأحياناً اللون البني للمناطق الشديدة الجفاف.



شكل رقم (٤ ـ ١٣) خطوط المطر المتساوي السنوية للسودان
(الأرقام بالمليمتر)

٦ ـ الخرائط النباتية:

وهي الخرائط التي تعني بتوضيح توزيع المجموعات أو الأنواع المختلفة من النبات الطبيعي في العالم أو في قارة أو أقليم معين.

ثانياً: الخرائط البشرية:

تمثل الخرائط البشرية ظاهرات من صنع الإنسان، وهذه الظاهرات إما أن تكون ظاهرات ثابتة بصفة دائمة وموجودة في الطبيعة مثل المدن والقرى والطرق ومناطق المرزوعات المختلفة، وينشيء على أساسها الخرائط التي تحمل نفس أسماء هذه الظاهرات، إما أنها ظاهرات من صنع الإنسان أيضاً ولكنها غير موجودة في الطبيعة مثل الحدود والتقسيمات الإدارية والسياسية وتنشأ لها خرائط تحمل اسمها أيضاً. كما أن هناك نوعاً من الخرائط البشرية التي تمثل ظاهرات بشرية دائمة التغير من أمثلتها الخرائط الاقتصادية. وبصفة عامة يمكن أن نجمل أنواع الخرائط البشرية في الأنواع التالية:

١ ـ خرائط الأجناس البشرية

وهي الخرائط التي توضح توزيع الأجناس البشرية على سطح الأرض (قوقازي، مغولي زنجي) وما يتفرع منها أجناس أخرى.

٢ ـ الخرائط الاجتماعية

وهي مجموعة كبيرة من الخرائط تبين النواحي الاجتماعية المختلفة كاللغة والديانة والتعليم والحالة الاجتماعية.

٣ ـ خرائط السكان

وهي خرائط توضح توزيع السكان ومنها تعرف درجة كثافة السكان في الأقاليم التي توضحها ويمكن الربط بين هذه الكثافة وبين الظروف الطبيعية السائدة في الأقليم، وذلك عن طريق مقارنة خريطة توزيع السكان بخريطة توضح عليها الظروف الطبيعية لنفس الأقليم. وتستخدم الألوان المتدرجة في

خريطة كثافة السكان من اللون الأبيض في المناطق الخالية تقريباً من السكان إلى اللون الأصفر الفاتح ثم البرتقالي الفاتح والداكن إلى اللون البني والمتوسط الداكن ثم اللون الأحمر القاني للمناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة.

٤ ـ خرائط النقل والمواصلات:

وتبين هذه الخرائط طرق المواصلات والنقل وأنواعها المختلفة والتي من أهمها المواصلات السلكية واللاسلكية الحديدية والطرق البرية والبحرية والجوية، وتظهر في الخرائط على حسب أهميتها وما تؤديه من خدمات.

٥ ـ الخرائط السياسية والإدارية:

وفي هذه الخرائط تظهر الحدود السياسية بين الدول المختلفة، ثم الحدود الإدارية بين المقاطعات أو المحافظات، أو المديريات داخل الدولة الواحدة، ثم الحدود بين مراكزها أو نواحيها، كما يظهر بهذه الخرائط أيضاً عاصمة الدولة وأهم مدنها وقراها. وتبين المدن والقرى بمربعات أو نقط سوداء.

٦ ـ الخرائط الاقتصادية:

وهي مجموعة ضخمة تبين وجه النشاط الاقتصادي المختلفة التي يقوم بها سكان العالم كالصيد والرعى والزراعة بأنواعها والصناعة.

ثالثاً: أنواع الخرائط حسب طريقة عرض الظواهر الجغرافية

يمكن تقسيم الخرائط بصفة عامة حسب كيفية عرضها للمعلومات والبيانات التي تمثلها الخريطة والصورة التي تظهر بها الخريطة. وعلى هذا الأساس نقسم الخرائط إلى الأنواع الآتية:

١ ـ الخرائط التصويرية (المنظورة)

وهي عبارة عن خرائط توضح الصورة الحقيقية المنظورة في الحقل يقوم برسمها الباحث أثناء قيامه بالعمل الميداني للمنطقة التي يقوم بدراستها.

ويتوقف شكل هذه الخريطة (أو المنظور) على مكان الراسم واتجاه رؤيته للشكل الذي يقوم برسمه في الطبيعة، فإذا تغير منسوب موقع الراسم أو تغيرت المسافة بينه وبين الشكل تغيرت على ذلك صورة المنظور. ولا يخضع هذا النوع من الخرائط لمقياس رسم معين. وتعتبر هذه الأنواع من الخرائط مساعدة لتفهم مظاهر سطح الأرض وارتباطها بالعوامل الجيومورفولوجية المختلفة.

٢ ـ الخرائط المجسمة (النماذج البارزة)

وهي الخرائط التي بين سطح الأرض بأبعاده الثلاثة كما هي في الطبعية. وتخضع هذه الخرائط لمقياس رسم معينة سواء في امتدادها الرأس أو الأفقي، ولكن يصعب توحيد المقياسين نظراً لأن الامتداد الأفقي لسطح الأرض يتفوق على الامتداد الرأسي لأشكال سطح الأرض لذا فإننا نلجأ إلى المبالغة في مقياس الرسم الرأسي لتمييز الأشكال الأرضية. وللنموذج التضاريسي البارز الذي يمثل المرتفعات والمنخفضات بشكل مجسم أهمية كبيرة إذ أنه يساعدنا على فهم أشكال التضاريس في المنطقة ومدى تأثرها بالعوامل الجيومورفولوجية المختلفة. إلا أنه من عيوب هذه المجسمات أنها ليست سهلة الصنع ولا يمكن أن يتضمنها كتاب مثلاً.

٣ ـ الصور الجوية:

تعتبر الصورة الجوية أحدث خريطة للمنطقة التي تغطيها، وإذا رصت الصور الجوية بجوار بعضها بحيث تتداخل طولياً وجانبياً وكتبت عليها أسماء المعالم الجغرافية ثم التقطت لها صورة جماعية، فإن الصورة الناتجة من ذلك تسمى خريطة مصورة أو ما يعرف بالموزيك Masiac وهي بذلك تكاد تشبه الخرائط المعروفة، إلا أنها تتفوق عليها بأنها تعرض كل ما هو موجود على سطح الأرض من ظواهر ثابتة أو متغيرة أو متحركة بصورة دائمة. وقد تطبع الخرائط المصورة بلونين مختلفين(الأحمر والأخضر أو الأحمر والأزرق) مع وجود زحزحة في هذين اللونين، فإذا ما نظر الشخص إلى مثل هذه الصورة

بنظارة خاصة من نفس اللونين تبدو المنطقة كما لو كانت مجسمة، وهذا ما يعرف بالأناجليف.

٤ ـ الخرائط الإحصائية (البيانية)

تعرف هذه الخرائط باسم خرائط التوزيعات الجغرافية الكمية وهي التي تشتمل على أشكال أو رموز خاصة بالمظاهر الجغرافية الموضعية أو الخطية أو المساحية، ويستخدم في رسم وتصميم هذا النوع من الخرائط عدة أساليب فنية تعرف باسم طرق التمثيل الرمزي للبيانات التي يراد تصويرها بيانياً على هذه الخرائط الخاصة. وتبعاً لاختلاف أغراض أونواع مقاييس رسم خرائط التوزيعات اختلافاً متبايناً، فإن ذلك قد حال دون وجود رموز معينة أو قواعد ثابتة في رسم هذه الخرائط. ولكن مهما اختلفت الرموز المستخدمة في رسم الخرائط الإحصائية البيانية فإنه يمكن إجمالها في ثلاثة أقسام رئيسية هي: رموز الموضع، ورموز الخط، ورموز المساحة، وداخل كل قسم منها تتنوع أشكال الرموز وتتغير.

وتجدر الإشارة إلى أن أنواع البيانات الجغرافية التي ينبغي تمثيلها على الخرائط تكون مرتبطة بالمكان. وحينما تحول الكميات الجغرافية (المكانية) إلى أبعاد على الخريطة فإن هذه الكمية إما أن تتحول إلى نقطة (موضع) أو إلى خط (له بُعد واحد) أو إلى مساحة (لها بُعدين) أو إلى حجم (له ثلاثة أبعاد) والكميات المكانية الثلاث الأولى يمكن تمثيلها على الخريطة، أما الحجم المكاني بأبعاده الثلاثة فمن الصعب تمثيله على الخريطة إلا عن طريق اختزاله إلى بُعدين فقط كما في حالة الكرات أو المكعبات، وعن طريق تنفيذه بواسطة الحاسب الآلي.

المراجـع الرئيسيـة

أولاً: المراجع العربية:

- أحمد أحمد السيد مصطفى (١٩٨٦): الجغرافيا العملية والخرائط، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- أحمد نجم الدين فليجة (١٩٨١): الجغرافية العملية والخرائط، (الطبعة الثالثة)، مؤسسة شباب الجامعة، الإسكندرية.
- علي شكري وزملائه (١٩٨٢): المساحة التصويرية والقياس الألكتروني ونظرية الأخطاء، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- محمد صبحي عبد الحكيم، ماهر الليثي (١٩٦٦): علم الخرائط، القاهرة.
- محمد فريد فتحي (١٩٨٣): المساحة للجغرافيين، الجزء الأول والجزء الثاني، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- محمد متولي موسى، إبراهيم رزقانة (١٩٦٩): قواعد الجغرافية العملية، القاهرة.
- محمود عبد اللطيف عصفور، محمد عبد الرحمن الشرنوبي (١٩٨٣): الخرائط ومبادىء المساحة، القاهرة.
- محمد محمد سطيحة (١٩٧١): خرائط التوزيعات الجغرافية، دراسة في طرق التمثيل الكرتوجرافي، القاهرة.
- محمد محمد سطيحة (١٩٧٤): الجغرافية العملية وقراءة الخرائط، بيروت.
- مكي محمد عزيز وفلاح شاكر أسود (١٩٦٩): الخرائط والجغرافية العملية، بغداد.
- نقولا إبراهيم (١٩٨٢): مساقط الخرائط، منشأة المعارف، القاهرة.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- Bannister, A. & Raymond, 5 (1979): Surveying, London.
- Bryant, V.S. & Hughes, T.H., (1934): Map Work, Oxford.
- Bygott, I. (1952): An Introduction to map work and practical Geography, London.
- Craig, J.I. (1933): The Theory of Map-Projections, Cairo.
- Dickinson, G.C. (1977): Statistical mapping and presention of statistics, London.
- Dickinson, G.C. (1979): Maps and Air Photographs, London.
- Kilford, W. (1975): Elementary Air Survey, London.
- Pritchard, J.N. (1954): Practival Geography for Africa, London.
- Robinson, A.H. & Sale, R.D. (1969): Elements of Cartography, New York.
- Strahler, A.N. (1971): Physical Geography, New York.
- Wanless, H.R. (1973): Introduction to Aerial Streophotographs, Illionis.
- Wilkinson, H.R. Monkhouse, F.J. (1974): Maps and Diagrams, London.

الفهـرس